

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Boire selon les perceptions de la soif : Effets chez des athlètes entraînés en endurance
lors d'un contre-la-montre à vélo de 60 minutes

Par

Maxime Perreault-Brière, B.Sc. Études en kinésiologie

Mémoire de maîtrise présenté à la Faculté des sciences de l'activité physique

En vue de l'obtention du grade de

Maître des sciences (M.Sc.)

Maîtrise en sciences de l'activité physique

Juin 2020

© Maxime Perreault-Brière

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE
Faculté des sciences de l'activité physique

Boire selon les perceptions de la soif : Effets chez des athlètes entraînés en endurance lors d'un contre-la-montre à vélo de 60 minutes

Maxime Perreault-Briere. B.Sc. Kinésiologie

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Directeur de recherche :

Éric Goulet, Ph.D.

Membre interne :

Félix Berrigan, Ph.D.

Membre externe :

Claude Lajoie, Ph.D.

Président du jury :

Félix Berrigan, Ph.D.

SOMMAIRE

Une méta-analyse de la littérature a récemment démontré qu'une ingestion de liquides programmée (ILP) remplaçant la totalité des pertes d'eau à travers la sueur et l'urine lors d'un exercice intense à vélo d'une heure diminuait les performances, comparativement à l'absence d'ingestion de liquides (AIL). De plus, il a été rapporté que boire selon les perceptions de la soif (BSPS) optimiserait les performances, et ce, lorsque comparé à des méthodes amenant des consommations de liquides plus grandes que ce qui est dicté par la soif. Toutefois, lors d'un contre-la-montre à vélo d'une heure, les effets de BSPS demeurent encore inconnus, comparativement à ILP et AIL. Le but de cette étude est donc de comparer les effets de AIL, BSPS et ILP lors d'un contre la montre à vélo d'une heure.

Utilisant un protocole croisé où les traitements ont été randomisés et contrebalancés, 9 (7 hommes et 2 femmes) athlètes entraînés en endurance (30 ± 9 ans; consommation d'oxygène pic ($\dot{V}O_2$ peak) : $59 \pm 8 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) ont complété 3 visites où ils ont effectué un contre-la-montre à vélo d'une heure (30°C , 50% humidité relative) suivant soit AIL, BSPS ou ILP permettant de maintenir le poids corporel (PC) à $\sim 0.5\%$ du PC de début d'exercice.

La perte de PC en fin d'exercice a respectivement atteint 2.9 ± 0.4 , 2.2 ± 0.3 et $0.6 \pm 0.2\%$ avec AIL, BSPS et ILP. Aucune différence physiologique importante n'a été constatée à travers les différentes expérimentations en ce qui a trait à la fréquence cardiaque, la température moyenne de la peau, la température rectale, la perception de l'effort et la perception d'inconfort abdominal. D'un point de vue statistique, la distance moyenne complétée (AIL: 35.6 ± 1.9 ; BSPS: 35.8 ± 2.0 ; ILP: 35.7 ± 2.0 km) ainsi que la puissance moyenne maintenue (AIL: 237 ± 31 ; BSPS: 241 ± 33 ; ILP: 240 ± 34 W) à travers les expérimentations n'étaient pas significativement différentes ($P > 0.05$). Par contre, d'un point de vue pratique, l'effet de BSPS et de ILP a été jugé trivial ou incertain, comparativement à AIL.

Ces résultats démontrent que ILP ou BSPS n'offrent aucun avantage de performance comparativement à AIL lors d'un contre-la-montre à vélo d'une heure et ce, chez des athlètes entraînés.

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE.....	3
TABLE DES MATIÈRES.....	5
LISTE DES TABLEAUX.....	7
LISTE DES GRAPHIQUES.....	8
REMERCIEMENTS.....	9
1. PROBLÉMATIQUE	10
1.1 Introduction.....	10
1.1-1. L'eau et le corps humain	11
1.2 Impact de la déshydratation sur les fonctions physiologiques	12
1.2-1. Thermorégulation	12
1.2-3. Métabolisme musculaire : utilisation du glycogène musculaire.....	14
1.2-4. Osmolalité du volume plasmatique et contrôle de la soif.....	14
1.2-5. Absorption intestinale et vidange gastrique	15
1.2-6. Taux de sudation	15
1.2-7. Gravité spécifique de l'urine.....	16
1.3 Impacts de la déshydratation sur les perceptions subjectives.....	16
1.3-1. Perception de l'effort	16
1.3-2. Perception de la soif	16
1.3-3. Perception d'inconfort abdominal	17
1.4 Impact de la consommation de liquides sur la performance en endurance lors d'exercices à vélo d'une heure.....	18
1.5 Problématique	20
1.6. But de l'étude.....	20
1.7. Hypothèses de recherche.....	21
1.8 Retombées de l'étude.....	21
2. MÉTHODOLOGIE ET RÉSULTATS.....	22
2.1 Abstract.....	24
2.2 Introduction.....	25
2.3 Materials and Methods.....	26

2.4 Measurements	30
2.5 Statistical Analyses.....	31
2.6 Results	32
2.7 Discussion.....	37
2.8 References.....	42
3. DISCUSSION.....	45
3.1 Limites de l'étude.....	45
4. CONCLUSION.....	46
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	48
ANNEXE A.....	53
ANNEXE B.....	54
ANNEXE C.....	55
ANNEXE D.....	56
ANNEXE E.....	58
ANNEXE F.....	59
ANNEXE G.....	60
ANNEXE H.....	61
ANNEXE I.....	62
ANNEXE J.....	64
ANNEXE K.....	65
ANNEXE L.....	66
ANNEXE M.....	76

LISTE DES TABLEAUX

Tableaux

Tableau 1 : Impact de la consommation de liquides sur la performance en endurance lors d'exercices à vélo d'une heure.

Tableau 2 : Caractéristiques physiques des participants au projet de recherche (7 hommes et 2 femmes).

Tableau 3 : Données démontrant l'état d'hydratation des participants avant le début des expérimentations.

Tableau 4 : Données démontrant l'équilibre hydrique des participants durant les expérimentations.

LISTE DES GRAPHIQUES

Graphiques

Graphique 1 : Schéma du protocole de recherche.

Graphique 2 : Changement à travers le temps et entre les conditions de la (A) fréquence cardiaque (B), la température rectale, et la (C) température moyenne de la peau.

Graphique 3 : Changement à travers le temps et entre les conditions de la (A) perception de l'effort, et de la perception de la soif (B).

Graphique 4 : Changement à travers le temps et entre les conditions de la puissance moyenne développée lors des contre-la-montre à vélo.

REMERCIEMENTS

La collaboration de plusieurs personnes est à soulignée sans quoi, la réalisation de ce mémoire n'aurait pu être finalisée.

La première personne qui se doit d'être remerciée est mon directeur de maîtrise, Éric Goulet, pour son temps, ses conseils, son encadrement et surtout pour sa compréhension pour mes activités extra scolaires.

Un grand et gros merci à ma famille et à ma copine pour leur support et leur amour, malgré mes sautes d'humeurs en lien avec ce long processus.

Je ne peux passer sous silence le support de mes collègues qui ont fait en sorte de me donner l'envie de me présenter au laboratoire tous les jours et qui m'ont été d'une aide indispensable lors de mes recherches.

Je terminerai par remercier le vert et or, plus particulièrement la belle famille du rugby, qui m'a permis de décrocher et de rester sain tout au long du déroulement de ma maîtrise.

1. PROBLÉMATIQUE

1.1 Introduction

Il a été longtemps conseillé de ne pas boire lors d'exercices en endurance, et ce, indépendamment de la durée et de l'intensité (Noakes, 1993). Ce n'est qu'en 1996 qu'une première recommandation officielle quant à comment les athlètes devraient s'hydrater pendant un exercice aérobique fut émise. En effet, l'American College of Sports Medicine (ACSM) conseillait à ce moment de boire durant l'exercice de façon à remplacer tous les liquides perdus à travers la sudation et l'urine (Convertino et al., 1996). En 2006, l'International Marathon Medical Directors Association (IMMDA) est venu émettre une différente recommandation (Hew-Butler, Verbalis, & Noakes, 2006). Cette organisation a suggéré pour une première fois que boire selon les perceptions de la soif permettrait de réguler les fonctions physiologiques de façon optimale, sans toutefois spécifier comment la performance en endurance pourrait être altérée (Hew-Butler et al., 2006). L'année suivante, l'ACSM a apporté une modification à sa position initiale de 1996. Elle indiquait maintenant qu'il n'était plus nécessaire de remplacer la totalité des liquides perdus par la sudation et la production d'urine, mais qu'il était primordial, par contre, de s'assurer de ne pas perdre plus de 2 % du PC sans quoi, la performance se verrait diminuer (Sawka et al., 2007). À ce jour, cette recommandation demeure beaucoup plus partagée et supportée scientifiquement que celle de boire selon les perceptions de la soif. Mais optimise-t-elle réellement les performances en endurance, et ce, pour toutes les modalités d'exercices?

Lorsqu'on boit selon les recommandations de l'ACSM, les quantités de liquides à remplacer peuvent être importantes. En effet, si on prend, par exemple, un coureur de 70 kg qui s'exerce sous la chaleur pendant 3 heures à une intensité modérée et qui produit 1.5 L/h de sudation, une prise de liquide de 1 L/h serait nécessaire, afin de maintenir la perte de PC sous les 2 % (Daries, Noakes, & Dennis, 2000; Dion, Savoie, Asselin, Gariépy, & Goulet, 2013; Lopez et al., 2016; Rollo, James, Croft, & Williams, 2012). Une méta-analyse effectuée en 2017 s'est intéressée à comparer l'impact de consommer ou non du liquide sur la performance en endurance lors d'exercices à vélo (Holland, Skinner, Irwin, Leveritt, & Goulet, 2017). Elle a alors catégorisé l'impact de l'hydratation sur la base de la durée d'exercice : plus de 2 heures, de 1 à 2 heures et d'une

heure. Il a été démontré que lors d'exercices à vélo de plus de 2 heures, la consommation de liquides permettait une augmentation de la performance de 3 %. Pour les périodes de vélo de 1 à 2 heures, l'impact de la consommation de liquides sur la performance était de 2 %. Pour les performances d'une heure, le remplacement des pertes d'eau à travers la sudation et l'urine créait une diminution, et non un gain de performance, suggérant ainsi que de ne pas boire pour cette durée d'exercice optimisait la performance.

Par contre, aucune étude jusqu'à maintenant n'a évalué l'impact de boire selon les perceptions de la soif lors d'une performance à vélo d'une heure. Ainsi, le but du présent mémoire est de vérifier les effets de boire selon les perceptions de la soif, comparativement à la privation de liquides et l'ingestion de liquides sur la base des recommandations de l'ACSM, et ce, pour un contre-la-montre à vélo d'une durée d'une heure.

1.1-1. L'eau et le corps humain

Il est généralement admis qu'il est possible de survivre plusieurs jours, voir plusieurs semaines, sans manger puisque le corps humain possède de très bonnes réserves d'énergie (Perrier et al., 2015). Cependant, il est beaucoup plus complexe pour le corps humain d'être privé d'eau pendant un long laps de temps (Greenleaf, 1992; Guyton et al., 2011). Plusieurs raisons expliquent ce phénomène, dont le fait que le corps humain est composé de 55 à 75 % d'eau dépendant de l'âge, du sexe et de la quantité de masse maigre et grasse (Popkin, D'Anci, & Rosenberg, 2010). En effet, les organes, tissus et liquides biologiques en dépendent pour bien fonctionner. Le sang joue un rôle essentiel pendant l'exercice en contribuant à maintenir les fonctions cardiaques et thermorégulatrices ainsi que le transport de l'oxygène et des déchets métaboliques, des nutriments et des messagers hormonaux (Guyton et al., 2011).

Le corps humain n'est capable de produire qu'une infime quantité d'eau de manière naturelle lors d'une activité physique de 60 minutes, et ce, par voie métabolique. Ainsi, l'hydratation pendant l'exercice est primordiale sachant que le corps humain perd de l'eau naturellement à travers l'urine, la sueur, la respiration, les selles et la peau (Tam & Noakes, 2013). On peut s'attendre, en moyenne, à un apport environnant les 500 mL/h

lorsqu'on boit à notre soif pendant l'exercice (E. D. B. Goulet & Hoffman, 2019). Néanmoins, il peut arriver que l'organisme rencontre des difficultés à garder cet équilibre hydrique pendant l'exercice et que sa masse hydrique diminue. Ce processus est communément appelé déshydratation volontaire (Coyle, 2004) et peut, dans certaines circonstances, entraîner une altération des fonctions physiologiques et une diminution de la performance en endurance.

1.2 Impact de la déshydratation sur les fonctions physiologiques

1.2-1. Thermorégulation

L'exercice augmente la température corporelle de façon proportionnelle à l'intensité de l'activité (Noakes, 2007). L'hyperthermie est le résultat de l'inefficacité du corps à transformer l'énergie métabolique en énergie mécanique (Gonzalez-Alonso, 2012). L'hyperthermie induite par l'exercice accroît le transport de la chaleur par le sang et entraîne une dilatation des vaisseaux sanguins et une élévation du flux sanguin cutané (Cheuvront, Kenefick, Montain, & Sawka, 2010). L'excès de chaleur s'accumulant au niveau de la peau est principalement évacué via le processus de sudation et, dans une moindre mesure, par convection via le flux d'air circulant autour de la peau (Sawka, Montain, & Latzka, 2001). La température de l'air, l'humidité ambiante ainsi que la vitesse du vent contribuent toutes à moduler la déperdition de chaleur (Dugas, Oosthuizen, Tucker, & Noakes, 2009). En effet, plus la température ambiante ainsi que les niveaux d'humidité sont élevés, plus la déperdition de chaleur est difficile. Un taux d'humidité élevé signifie que la pression de l'eau dans l'air est grande, altérant ainsi l'évaporation par le biais de la sudation. L'humidité contribue de cette façon à l'augmentation de la température corporelle lors de l'exercice. En contrepartie, une circulation constante d'air frais au niveau de la peau contribue à accélérer la déperdition de chaleur.

La déshydratation a été identifiée il y a très longtemps comme contribuant à l'augmentation de la température corporelle pendant l'exercice (Gonzalez-Alonso, Calbet, & Nielsen, 1999; Gonzalez-Alonso, Mora-Rodriguez, Below, & Coyle, 1995; Montain & Coyle, 1992; Sawka, Knowlton, & Critz, 1979). En effet, une perte hydrique pendant l'exercice contribue à augmenter la température corporelle puisqu'elle diminue

le flux sanguin cutané et augmente l'osmolalité plasmatique, retardant ainsi le seuil du début de la production de sudation et la production de sudation pour une même température corporelle (Gonzalez-Alonso, Crandall, & Johnson, 2008).

Par contre, en condition de laboratoire, aucune de ces études n'a utilisé de ventilateur pour recréer l'effet du vent. Cette lacune réduit considérablement l'efficacité des mécanismes de déperdition de chaleur résultant en une augmentation plus importante de la température corporelle (Dugas et al., 2009).

Une augmentation de la température corporelle a des effets négatifs sur différents aspects physiologiques amenant, potentiellement, une baisse de performance. L'hyperthermie vient altérer l'activité du système nerveux central (SNC) amenant un déficit au niveau du recrutement des fibres musculaires (Logan-Sprenger, Heigenhauser, Jones, & Spriet, 2013). De plus, l'hyperthermie amène une augmentation du catabolisme des protéines dépassant ainsi la synthèse. Ce déséquilibre engendre différents dommages intramusculaires (Luo, Sun, & Hasselgren, 2000). L'hyperthermie altérerait la contractilité musculaire, ce qui diminuerait la production de force du muscle squelettique (Banzet, Koulmann, & Bourdon, 2012)

1.2-2. Fonction cardiaque

Lors d'un exercice physique, le débit cardiaque se doit d'augmenter proportionnellement avec l'intensité de l'exercice (Rowland, 2009). Pour ce faire, le volume d'éjection systolique augmente, et ce jusqu'à ce qu'il atteigne 40 à 60 % de la $\dot{V}O_{2\max}$ (Di Bello et al., 1996; Gledhill, Cox, & Jamnik, 1994) tandis que la fréquence cardiaque, elle, augmentera proportionnellement avec l'intensité de l'exercice (Rowland, 2009). Ces changements physiologiques doivent prendre place afin de pallier l'augmentation de la consommation d'oxygène des différentes cellules et d'accroître le flux sanguin cutané (Rowland, 2009). Il a été démontré que la déshydratation induite à l'exercice altère les fonctions cardiaques, dont un des marqueurs est l'augmentation de la fréquence cardiaque (Sawka & Noakes, 2007). Une hydratation inadéquate lors d'un exercice amènera dès lors, une baisse importante du volume plasmatique due à la sudation (Noakes, 1993). Cette diminution entraîne la baisse du volume d'éjection

systolique (Rowell, 1974). Dans le but de maintenir ce volume d'éjection systolique et ainsi soutenir le débit cardiaque et le flux sanguin cutané, la fréquence cardiaque se devra d'augmenter (Gonzalez-Alonso, Mora-Rodriguez, Below, & Coyle, 1997). Si la déshydratation n'est pas prise en charge et qu'elle est présente dans un environnement chaud, son effet sur les fonctions cardiaques se verra augmenté. Ainsi, une baisse de performance est alors à prévoir en raison de la réduction de l'apport en oxygène aux muscles actifs causée par la diminution du débit sanguin (Gonzalez-Alonso, 2012; Gonzalez-Alonso et al., 2008).

1.2-3. Métabolisme musculaire : utilisation du glycogène musculaire

Lors d'un exercice intense d'une heure, la température musculaire se voit augmentée (Febbraio, 2000) significativement. Cette augmentation de température entraînera une plus grande utilisation de glycogène musculaire grâce à l'apport plus important de la glycogénolyse (Febbraio, Carey, Snow, Stathis, & Hargreaves, 1996; Febbraio, Snow, Stathis, Hargreaves, & Carey, 1996). Il semblerait que l'utilisation du glycogène musculaire et la production de lactate soient encore plus grandes en état de déshydratation. En 2013, Logan-Sprenger et al. ont démontré que l'utilisation de glycogène musculaire augmentait de 24 % lorsqu'on atteignait une perte d'eau équivalente à 2.7 % du PC. Cette observation serait expliquée en grande majorité par une augmentation accrue de la température corporelle des muscles induite par la déshydratation. Elle pourrait aussi être expliquée par une plus grande quantité d'épinéphrine amenant une meilleure activation de la glycogénolyse musculaire (Febbraio, 2000).

1.2-4. Osmolalité du volume plasmatique et contrôle de la perception de la soif

La déshydratation induite par la perte de sudation lors d'un exercice est associée à une augmentation de l'osmolalité plasmatique et à une diminution du volume plasmatique (Below, Mora-Rodriguez, Gonzalez-Alonso, & Coyle, 1995). Les osmorécepteurs et les barorécepteurs identifieront respectivement les changements d'osmolalité plasmatique et de volume plasmatique et déclencheront les signaux de la soif par le biais de l'hypothalamus dans le but de rééquilibrer ces deux variables (Noakes, 1993). D'ailleurs, plusieurs auteurs suggèrent que l'osmolalité plasmatique serait la variable la plus importante à réguler à l'exercice (E. D. Goulet, 2011; Hew-Butler et al.,

2006; Noakes, 2007). Lorsque les signaux de la soif sont émis, si aucune prise de liquides n'est entreprise, une diminution de l'intensité de l'exercice sera éventuellement observée (Sawka et al., 2007). En 2011, Goulet a d'ailleurs produit une méta-analyse montrant que de boire moins que la quantité dictée par la soif amenait une baisse de performance lors d'exercice de type contre-la-montre (E. D. Goulet, 2011).

1.2-5. Absorption intestinale et vidange gastrique

La vidange gastrique et l'absorption intestinale lors d'une activité à intensité élevée se situeraient à approximativement 1 L/h (Costill & Saltin, 1974; Daries et al., 2000; Neufer, Young, & Sawka, 1989; Savoie et al., 2015). Plusieurs facteurs peuvent contribuer à créer des problèmes gastro-intestinaux durant l'exercice dont : l'intensité de l'exercice, le type d'exercice, l'ingestion de liquides et de nutriments, les changements de volume plasmatique et la glycémie (Daries et al., 2000; Holland et al., 2017; Mitchell & Voss, 1991). On sait, entre autres, que lorsqu'une activité est effectuée à plus de 70 % de la $\dot{V}O_{2max}$, la vidange gastrique se fait moins efficacement et l'eau commence à s'accumuler au niveau de l'estomac créant ainsi des inconforts abdominaux pouvant diminuer la performance (Costill & Saltin, 1974; Daries et al., 2000; Mitchell & Voss, 1991; Robinson et al., 1995). Holland et al. (2017) suggèrent donc que si la consommation de liquides se situe sous la limite d'absorption de la vidange gastrique, il serait sans doute possible d'éviter ces inconforts.

1.2-6. Taux de sudation

Plus l'intensité de l'exercice est intense, plus la température corporelle sera grande (Noakes, 2007). Ainsi, le taux de sudation se verra augmenté avec l'intensité de l'exercice. La déshydratation peut affecter le taux de sudation à la baisse et ainsi augmenter l'accumulation de chaleur corporelle. Cette baisse serait causée, entre autres, par une augmentation de l'osmolalité plasmatique (Cheuvront & Kenefick, 2014). Les différentes études s'étant intéressées à des performances à vélo d'une heure ont observé des taux de sudation allant de 1.2 à 1.7 L/h suivant différents protocoles où l'intensité était sous 80 % du $\dot{V}O_{2max}$ (Bachle et al., 2001; Kay & Marino, 2003; McConell, Stephens, & Canny, 1999; Robinson et al., 1995). Il est possible de croire que ce taux de sudation pourrait se voir augmenté si les participants de ces études avaient effectué un protocole de type contre-la-montre résultant à une intensité d'exercice plus grande.

1.2-7. Gravité spécifique de l'urine

La gravité spécifique de l'urine est un indice permettant de connaître la concentration de solutés dans l'urine en g/mL. Une concentration inférieure à 1.02 indique un état d'euhydration, tandis qu'un niveau dépassant 1.02 indique un état de déshydratation (Armstrong et al., 1998). Elle permet donc de confirmer si l'athlète est hydraté ou déshydraté avant, pendant et après l'exercice.

1.3 Impacts de la déshydratation sur les perceptions subjectives

1.3-1. Perception de l'effort

La littérature démontre que la perception de l'effort se voit augmentée proportionnellement au niveau de déshydratation d'un individu (Gonzalez-Alonso et al., 1999; Logan-Sprenger et al., 2013; Montain & Coyle, 1992). Une régulation optimale de la perception de l'effort pendant l'exercice s'avère très importante, car elle dicterait l'intensité d'exercice produite et de potentiels abandons par le biais d'une perception d'effort trop élevée. La déshydratation a souvent été associée directement à une augmentation de la température corporelle (Gonzalez-Alonso et al., 1999; Logan-Sprenger et al., 2013; Montain & Coyle, 1992). Sachant que la perception de l'effort serait fortement corrélée avec l'augmentation de la température corporelle (Nielsen, Hyldig, Bidstrup, Gonzalez-Alonso, & Christoffersen, 2001), le lien entre la déshydratation et l'augmentation de la perception de l'effort pourrait être modulé par l'augmentation de température corporelle.

1.3-2. Perception de la soif

La soif pourrait simplement être définie comme une sensation d'assèchement dans la bouche et la gorge associée à une envie de boire un liquide (Greenleaf, 1992). Plusieurs études se sont intéressées à l'impact de la consommation de liquides sur la perception de la soif. Cependant, ces études portaient pour la plupart sur des exercices d'une durée de plus d'une heure. Il est donc possible d'observer des tendances pour les différents protocoles d'hydratation, avec des résultats montrant une augmentation constante de la perception de la soif lorsqu'il y a privation de liquides, l'absence de soif lorsque les liquides perdus par la sudation sont remplacés totalement et une augmentation suivit d'une stabilisation près de la catégorie soif légère pour les participants buvant selon les perceptions de la soif (Dion et al., 2013). Bien que la perception de la soif semble

augmenter avec la déshydratation, ce n'est pas pour autant qu'on peut la relier à la baisse de la performance. En effet, Dugas et collaborateurs ont indiqué en 2009, que même lorsque les perceptions de la soif étaient identiques, la performance se voyait diminuée lorsque les sujets savaient qu'ils allaient recevoir moins de liquides. Il est possible de croire à partir de cette observation que la connaissance de la quantité de liquide à consommer affecterait davantage la performance des athlètes que la perception de la soif elle-même.

1.3-3. Perception d'inconfort abdominal

Lorsque l'on prend les différentes études portant sur des exercices à vélo d'une durée d'une heure, 50 % des sujets ayant suivi les recommandations actuelles portant sur le remplacement du liquide perdu par la sudation ont ressenti des inconforts abdominaux. Ces inconforts ont mené à des baisses de performance de 2.5 %, en moyenne (Bachle et al., 2001; Kay & Marino, 2003; McConell et al., 1999; Robinson et al., 1995).

Plusieurs types d'inconforts abdominaux sont possibles lors d'une performance à vélo, comme la diarrhée, des flatulences, le gonflement abdominal et des vomissements (Backx, Howatson, & van Someren, 2007; Daries et al., 2000; Robinson et al., 1995). Ces inconforts sont sans doute une des plus grandes peurs chez les athlètes en endurance, car la littérature montre qu'elles abaissent les performances pouvant même mener à l'abandon d'une course (Daries et al., 2000; Mitchell & Voss, 1991; Robinson et al., 1995). Le développement d'inconforts abdominaux serait dû entre autres à une prise trop importante de liquides ou la consommation de boisson pour sportif trop concentré (Daries et al., 2000). Il est connu que lorsqu'il y a présence d'inconforts abdominaux, la perception de l'effort de l'individu se voit augmentée, expliquant potentiellement la baisse de performance observée chez les participants éprouvants ces inconforts (Mitchell & Voss, 1991).

1.4 Impact de la consommation de liquides sur la performance en endurance lors d'exercices à vélo d'une heure.

Très peu d'études ont évalué l'impact de la déshydratation lors d'un exercice à vélo d'une heure, comme indiqué dans le tableau 1. Ils ont tous comparé des situations d'exercices où les participants devaient boire de sorte à remplacer les pertes de liquides par la sudation ou ne rien boire (Bachle et al., 2001; Kay & Marino, 2003; Robinson et al., 1995), à l'exception de McConnell et al. (1999) qui ont étudié un troisième groupe buvant 50 % moins que le premier groupe. En 2003, Kay et Marino est le seul groupe de recherche ayant testé cette durée d'exercice dans un environnement chaud, soit 33 °C. Lorsqu'on regarde le tableau 1, il est possible d'observer que le pourcentage de déshydratation est sous les 1 % pour tous les groupes ayant bu selon les pertes par la sudation, comparativement à des pourcentages plus élevés pour les groupes n'ayant pas consommé de liquides. Cependant, aucune étude n'a observé d'impact positif de la consommation de liquides sur la performance, au contraire, certains chercheurs ont même relevé des diminutions de performance allant jusqu'à 2.5 % (Robinson et al., 1995). Ces observations vont à l'encontre de ce qui est connu en matière de déshydratation. Par contre, lorsqu'on se penche sur la quantité de liquides consommée par les sujets dans ces études, il est possible de remarquer qu'ils en ont tous ingéré de très grandes quantités. En effet, dans l'optique où on aurait une personne de 70 kg, elle aurait ingéré entre 1.2 et 1.4 L d'eau en 1 heure.

Comme mentionné ci-dessus, ces quantités sont nettement au-delà de la limite de la vidange gastrique et de l'absorption intestinale, ce qui peut laisser croire que certains participants ont accumulé une partie de ce liquide dans l'estomac ou les intestins créant ainsi potentiellement des inconforts abdominaux. Ces inconforts pourraient expliquer en partie cette baisse de performance malgré l'état euhydraté des participants. Malgré ces observations, est-il vraiment raisonnable de croire que des athlètes ne consommeront pas de liquides lors d'un exercice d'une heure à vélo? Serait-il pertinent et davantage représentatif de vérifier les effets de boire à sa soif sachant que cela représenterait une bien plus petite quantité d'eau sans toutefois priver complètement l'athlète ?

Tableau 1 : Comparaison du niveau de déshydratation d'une étude à l'autre selon la quantité d'eau consommée		
Références	Niveau de déshydratation (% perte de PC)	Consommation de liquides (mL/kg/min)
Kay et Marino (2003)	G1 (0 liq): -2.0 G2 (boit): 0	0.34
Bachle et al. (2001)	G1 (0 liq): -1.0 G2 (boit): 0.8	0.30
Robinson et al. (1995)	G1 (0 liq): -2.3 G2 (boit): 0.9	0.32
McConnell et al. (1999)	G1 (0 liq): -1.9 G2 (boit): 0 G3(50% de G2): -1.0	0.31
Légende : G = Groupe; 0 liq = Aucun liquide consommé; boit = Boire de selon les pertes en sudation		

1.5 Problématique

Comme démontré ci-dessus, boire selon les signaux de la soif serait suffisant dans le but de maintenir la performance en endurance lors d'exercices à vélo de plus d'une heure. Les résultats d'une récente méta-analyse viennent cependant démontrer que lors d'exercices intenses à vélo d'une durée d'une heure, la performance en endurance est dégradée par l'ingestion de liquides (Holland et al., 2017). Les études utilisées dans l'obtention de cette conclusion ont toutes utilisé un protocole de recherche comparant une expérimentation où l'ingestion de liquides était suffisante afin de remplacer toutes les pertes en sudation à une autre où les participants n'ont pu ingérer de liquides (Bachle et al., 2001; Kay & Marino, 2003; McConell et al., 1999; Robinson et al., 1995). Il faut comprendre qu'une période d'exercice intense à vélo d'une durée d'une heure est associée à une activité métabolique importante et donc à des pertes en sudation significative afin d'évacuer la chaleur par sudation (Below et al., 1995). Ainsi, prises ensemble, ces études ont administré aux participants entre 1.2 et 1.4 L de liquides pendant l'exercice afin de prévenir la déshydratation ((Bachle et al., 2001; Kay & Marino, 2003; McConell et al., 1999; Robinson et al., 1995). Maintenant que l'on connaît la limite d'absorption intestinale et de vidange gastrique, et sachant que ces quantités de liquides excèdent cette limite, diminuant potentiellement la performance en endurance, il est possible de se demander: qu'en serait-il si les participants avaient consommé une quantité de liquides plus raisonnable dictée seulement par la sensation de soif ? Est-ce que les résultats auraient été les mêmes ?

1.6. But de l'étude

Comparer les effets de trois différents protocoles d'hydratation pendant un exercice intense à vélo d'une durée d'une heure, et ce, à 30 °C. Les 3 protocoles sont :

- AIL;
- BSPTS;
- Ingestion de liquide programmée/remplacement des liquides de façon à maintenir le PC à ~0.5 % du PC pré-exercice.

1.7. Hypothèses de recherche

- La performance, en termes de distance parcourue, et de puissance moyenne maintenue, sera plus élevée chez le groupe s'hydratant selon les perceptions de la soif;
- La perception de la soif et la perception de l'effort seront plus élevées chez le groupe étant privé de liquides;
- La fréquence cardiaque et la température corporelle seront plus élevées chez le groupe étant privé de liquides;
- La perception d'inconfort abdominale sera plus élevée chez le groupe s'hydratant en suivant les recommandations actuelles.

1.8 Retombées de l'étude

D'un côté pratique, l'étude permettra de faire le point sur l'impact de l'ingestion de liquides lors d'une performance de type contre-la-montre à vélo d'une heure à intensité élevée. Il sera possible pour les athlètes participant à ce type de course d'utiliser nos résultats. De plus, les professionnels de la santé travaillant avec ce type d'athlètes pourront utiliser nos résultats pour adapter leur pratique.

2. MÉTHODOLOGIE ET RÉSULTATS

Puisque ce mémoire est par article, les sections méthodologie et résultats sont décrites dans l'article scientifique ci-joint intitulé « Effect of Thirst-Driven Fluid Intake on 1 H Cycling Time-Trial Performance in Trained Endurance Athletes ». Cet article est maintenant publié dans le journal « SPORTS » et peut être consulté à l'adresse internet suivante : <https://www.mdpi.com/2075-4663/7/10/223>

Effect of Thirst-Driven Fluid Intake on 1 H Cycling Time-Trial Performance in Trained Endurance Athletes

1. Maxime Perreault-Brière¹, Maxime.perreault-briere@Usherbrooke.ca
2. Jeff Béliveau¹, Jeff.Beliveau@Usherbrooke.ca
3. David Jeker¹, David.Jeker@Usherbrooke.ca
4. Thomas A. Deshayes^{1,2}, Thomas@Usherbrooke.ca
5. Ana Duran³,
6. Eric D.B. Goulet^{1,2}, Eric.Goulet@usherbrooke.ca

¹Faculty of Physical Activity Sciences, University of Sherbrooke, Sherbrooke, P.Q., Canada; ²Research Centre on Aging, University of Sherbrooke, Sherbrooke, P.Q., Canada; ³Facultad de Organización Deportiva, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, NL 66455, Mexico.

Received: 30 August 2019; Accepted: 8 October 2019; Published: 14 October 2019

Correspondence: Eric D.B. Goulet, Ph.D.
Performance, Hydration and Thermoregulation Laboratory
University of Sherbrooke
2500 boul. de l'Université
Sherbrooke, Québec, Canada
J1K 2R1
E-mail: eric.goulet@usherbrooke.ca
Phone number: 1-819-821-8000 *62728

2.1 Abstract

A meta-analysis demonstrated that programmed fluid intake (PFI) aimed at fully replacing sweat losses during a 1 h high-intensity cycling exercise impairs performance compared with no fluid intake (NFI). It was reported that thirst-driven fluid intake (TDFI) may optimize cycling performance, compared with when fluid is consumed more than thirst dictates. However, how TDFI, compared with PFI and NFI, impacts performance during a 1 h cycling time-trial performance remains unknown. The aim of this study was to compare the effect of NFI, TDFI and PFI on 1 h cycling time-trial performance. Using a randomized, crossover and counterbalanced protocol, 9 (7 males and 2 females) trained endurance athletes (30 ± 9 years; $\dot{V}O_2$ peak: $59 \pm 8 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) completed three 1 h cycling time-trials (30°C , 50% RH) with either NFI, TDFI or PFI designed to maintain body mass (BM) at $\sim 0.5\%$ of pre-exercise BM. Body mass loss reached 2.9 ± 0.4 , 2.2 ± 0.3 and $0.6 \pm 0.2\%$ with NFI, TDFI and PFI, respectively. Heart rate, rectal and mean skin temperatures and ratings of perceived exertion and of abdominal discomfort diverged marginally among trials. Mean distance completed (NFI: 35.6 ± 1.9 km; TDFI: 35.8 ± 2.0 ; PFI: 35.7 ± 2.0) and, hence, average power output maintained during the time-trials did not significantly differ among trials, and the impact of both PFI and TDFI vs. NFI was deemed trivial or unclear. These findings indicate that neither PFI nor TDFI are likely to offer any advantage over NFI during a 1 h cycling time-trial.

Key words: cycling; dehydration; endurance performance; fluid balance; thirst

2.2 Introduction

Exercise-induced dehydration may impair endurance performance through increased core temperature and perceived exertion and decreased venous return and stroke volume [1]. Adequate fluid replacement during exercise improves cardiovascular and thermoregulatory functions and reduces perceived exertion [2].

Several studies have examined the impact of programmed fluid intake (PFI) vs. no fluid intake (NFI) on 1 h high-intensity cycling performance, with most showing that both strategies similarly impact performance [3–6], while some others showed that PFI either decreases [7] or improves [8] performance, compared with NFI. However, a recently published meta-analysis has concluded that PFI impairs performance during a 1 h high-intensity cycling exercise [9] compared with NFI. Fluid integration into the body during a high-intensity exercise is limited to $\sim 1000 \text{ mL} \cdot \text{h}^{-1}$ [10]. Thus, in those studies included in the meta-analysis by Holland et al. [9], a large amount of water likely accumulated in the stomach and intestine, owing to the high sweat production that needs to be replaced during high-intensity exercise. Buildup of fluid in those regions can cause abdominal discomfort or pain [4,6,7,11–13] and lead to a decrease in endurance performance [7,11,13]. Moreover, as this fluid is not integrated into the body, it cannot fully participate to cardiovascular and thermoregulatory functions. Therefore, it is impossible to conclude without doubt that fluid deprivation is beneficial for a 1 h high-intensity cycling exercise.

With this in mind, it is reasonable to believe that athletes undergoing a 1 h cycling performance in the field would not decide to drink any fluid during exercise, as suggested by Holland et al.'s [9] findings, or, on the contrary, drink sufficient fluid to replace all sweat and urine losses. Goulet and Hoffman [14] recently reported that ad libitum fluid intake optimizes running and cycling performances during exercise lasting 1–2 h, compared with when fluid is consumed in excess of ad libitum drinking. This observation suggests that the optimal regulation of plasma osmolality, not total body water, is required to optimize performance, as suggested by Noakes [15]. However, no studies have directly attempted to determine whether thirst-driven fluid intake (TDFI) may offer any significant advantage over NFI during a 1 h high-intensity cycling performance. Given that TDFI generally leads to significantly lower fluid consumption than PFI

[12,16], and presumably to an improved regulation of plasma osmolality, this strategy could potentially prove better than NFI during a 1 h high-intensity cycling exercise which, from a practical point of view, would be reassuring for endurance athletes relying on thirst to replace fluid during such exercise.

Thus, the aim of this study was to compare the effect of NFI, TDFI and PFI aimed at maintaining body mass (BM) loss at ~0.5% on 1 h cycling time-trial performance in endurance-trained athletes. We surmised that the total mean distance completed or mean power output maintained during the time-trial would be higher with TDFI than either PFI or NFI. It was further hypothesized that heart rate, rectal temperature and the perception of thirst and exertion would all be higher in the NFI condition, compared with TDFI and PFI.

2.3 Materials and Methods

2.3.1 Participants

Nine (7 males and 2 females) heat- or partially heat-acclimatized, healthy, endurance-trained competitive cyclists and triathletes participated in this study. Women were tested during the follicular phase (period ranging from the first day of menstruation + the following 13 days) of their menstrual cycle. After explaining the procedures and risks of the study, which were approved by the CIUSSS Estrie-CHUS Ethics Committee (#2017-1715), written informed consent was obtained from all participants. The specific goals and hypotheses tested during the study were not told to participants to avoid any change in behavior and the placebo or nocebo effect.

2.3.2 Preliminary Testing and Pre-Experimental Procedures

During the preliminary visit, participants' resting blood pressure, resting heart rate, BM, height, maximal heart rate, peak oxygen consumption ($\dot{V}O_{2peak}$) and body composition were measured. Resting heart rate and blood pressure were measured with a digital sphygmomanometer (Welch Allyn 420 series, Skaneateles Falls, NY, USA), nude post-void BM to the nearest 20 g with a digital scale (BX-300 +, Atron Systems, West Caldwell, NJ, USA), height with a wall stadiometer and fat mass and fat-free mass using dual-energy X-ray absorptiometry (Lunar Prodigy, GE Healthcare, Chicago, IL, USA). Peak oxygen consumption was measured on an ergocycle (Ergoselect 100, Ergoline

GmbH, Bitz, Germany) using an expired gas analysis system (Cosmed Quark CPET, Cosmed, Chicago, IL, USA) that had been calibrated with gases of known concentration. Three to ten days following the preliminary visit, participants returned to the laboratory for a familiarization trial, which was conducted to (1) familiarize participants with the procedures and measurement techniques used during the experiments, (2) minimize the learning effect, and (3) estimate participants' sweat rate. Procedures used during the familiarization trial were identical to those used during the experiments. Participants were asked to cover as much distance as possible for a period of 1 h during which they could drink 5 °C water based on thirst sensation. Measurement of sweat rate was necessary to estimate the amount of water intake required for the PFI condition. Throughout the entire study period, participants were advised to maintain their training routine, except for the last 24 h prior to the familiarization trial where a choice to either rest, train ≤ 45 min at a low to moderate intensity or perform their typical pre-race training was given. Then, the chosen option was replicated over the last 24 h prior to the 3 experimental trials. Also, during the last 24 h prior to the familiarization trial, participants kept and filled a fluid and diet log repeated before the 3 experimental trials. Both lower limb resistance training and dietary supplement intake were forbidden for 48 h and 72 h respectively prior to the familiarization trial as well as the 3 experimental trials. Participants were required to consume 250 mL of water 1 h before the bedtime, which was required to be at the same hour prior to the familiarization trial and all 3 experimental trials. Ninety minutes before reporting to the laboratory for the experiments, participants drank a 220 kcal (carbohydrate: 32 g, protein: 9 g, fat: 6 g, sodium: 200 mg), 242 mL nutritional drink (Kirkland, QC, Canada) to ensure a similar nutritional, hormonal (insulin and glucagon levels) and hydration state prior to the familiarization and all 3 experimental trials. Thirty minutes later, participants consumed 250 mL of water and then after remained fasted.

2.3.3 Experimental Protocol

A schematic of the research protocol is found in Figure 1. Following participants' arrival at the laboratory, all clothes and equipment to be worn during the subsequent exercise period were weighed. Participants voided their bladder, collected a midstream urine sample, were weighed, put on their cycling clothes and shoes, inserted a rectal

temperature probe and were instrumented with a GarminTM chest electrode and four skin temperature probes. Then participants sat quietly for 15 min, after which a capillary blood puncture was taken. Following this procedure, participants entered the environmental chamber and took position on their bike in preparation for the time-trial.

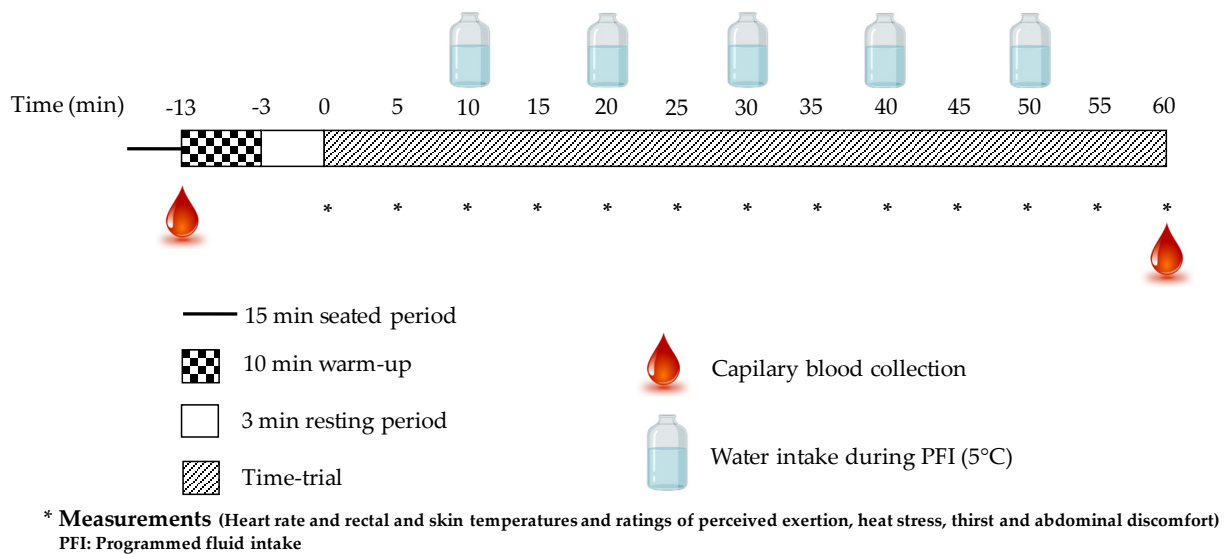


Figure 1. Schematic of the research protocol.

The 1 h cycling time-trial was conducted in an environmental chamber maintained at 30 °C, 50% relative humidity with 800 W·m² of radiance (Apogee SP-110-SS, Apogee, Logan, UT, USA). Convective cooling was provided by three high-speed fans placed in front of the participants, which blew air to the entire legs and torso at 25–30 km·h⁻¹. Participants were asked to cover the greatest distance possible during 1 h on a simulated flat course using a ComputrainerTM (Racermate, Seattle, WA, USA). They were granted access to power output, speed, distance completed, and elapsed time. Participants use their own bike, ensuring that the same bike was always used throughout the study period and that components and body position were not modified between experimental trials. Prior to commencing the time-trial, participants underwent a standardized 10 min warm-up period. Then, participants rest quietly on their bike for 3 min after which time the time-trial started. Throughout the NFI trial participants were completely deprived of water, while during the TDFI trial participants drank water based on their perception of thirst. During the PFI trial, participants drank in a pattern allowing them to finish the time-trial with a BM loss of ~0.5%. The amount of fluid required to maintain BM loss at ~0.5% was estimated using the following formula:

$$\text{Sweat production measured during the familiarization trial (kg)} - (\text{pre-exercise BM (kg)} \cdot 0.005) \quad (1)$$

where BM is body mass.

Water was provided with an opaque, insulated and tightly sealed bike water bottle. Cold water was provided since it has been demonstrated to facilitate fluid intake [17], reduce core temperature [18] and improve endurance capacity [17,18]. Immediately following the time-trial, a second capillary blood puncture was taken with participants on their bike. Then they stepped off their bike, voided their bladder, collected a midstream urine sample, dried themselves with a towel and were weighed with all equipment and clothes on.

2.4 Measurements

2.4.1. Heart rate, Rectal, Skin and Mean Skin Temperatures

Heart rate was measured continuously using a Garmin™ chest electrode (Garmin, Olathe, KS, USA), rectal temperature with a calibrated YSI 401 rectal probe (Yellow Springs Instrument, Yellow Springs, OH, USA) inserted 15 cm beyond the anal sphincter and skin temperature with calibrated YSI 409 B probes (Yellow Springs Instrument, Yellow Springs, OH, USA) placed on the right side of the body at the forearm, chest, thigh and calf level. The skin probes were held in place with Hypafix dressing (BSN medical, Hamburg, Germany) and mean skin temperature was measured according to Ramanathan [19]. The rectal and skin probes were connected to a high precision digital thermometer (Traceable 4005, Control Company, Webster, TX, USA) and a USB-TEMP data acquisition box (MC measurement computing, Norton, MA, USA), respectively.

2.4.2. Hemoglobin, Hematocrit and Changes in Plasma Volume and Sodium

Capillary blood punctures were taken from the index of the non-dominant hand at the level of the side of the fingertip perpendicular to the lines of the fingerprint [20] using high blood flow lancing devices (Unistik 3 Dual, Owen Mumford, Marietta, GA, USA). First, the finger was cleaned and disinfected with 70% isopropyl alcohol. After the finger had been pricked, the first blood drop was removed and ~20 µL of capillary blood was collected and distributed in 2 Hemo Point H2 Microcuvettes (Alere, Lowell, MA, USA). Then, another 150 µL of blood was collected in a heparinized microtube and centrifuged for 10 min. Hemoglobin was analyzed by spectrophotometry (Alere H2 Hemopoint, Alere, Lowell, MA, USA). Hematocrit was estimated with the following formula [21]:

$$F \cdot \text{hemoglobin (g} \cdot \text{dL}^{-1} \text{)} \quad (2)$$

where F is 2.94.

Sodium was measured from plasma sample using ion chromatography (883 Basic IC Plus, Metrohm, Herisau, Swiss). Changes in plasma volume were measured according to Dill and Costill, using the following equation [22]:

$$100 \cdot ((Hbb/Hba) \cdot ((1-Hcta/100)/(1-Hctb/100))) - 100 \quad (3)$$

where Hbb is hemoglobin before, Hba is hemoglobin after, Hctb is hematocrit before and Hcta is hematocrit after.

2.4.3. Sweat Loss, Body Mass Loss, Rate of % Body Mass Loss and Urine Specific Gravity

Sweat loss was taken as the difference in BM from the pre- to post-exercise period, corrected for urine loss and fluid intake during exercise. Loss of mass associated with respiratory water loss and the respiratory exchange of O₂ and CO₂ during exercise were not considered and assumed to be similar among trials. Percent BM loss was taken as the difference in BM from the pre- to post-exercise period, relative to pre-exercise BM. The rate of % BM loss was computed by dividing the end-of-exercise % BM loss by exercise time, i.e., 60 min. Urine specific gravity was measured using a digital refractometer (PAL-10S, Atago, Bellevue, WA, USA).

2.5 Statistical Analyses

Shapiro-Wilk tests were used to analyze data normality. When normality was respected, one- or two-way repeated measures analyses of variance (ANOVA) were used. Greenhouse-Geisser corrections were applied when sphericity was violated. Abnormally distributed data were tested with Friedman's ANOVA analyses. Alpha values were corrected with the false discovery rate procedure when multiple pairwise comparisons were performed. Statistical significance was fixed at $p \leq 0.05$. Based on an estimated coefficient of variation (CV) of 1.17% [23,24], a power analysis ($\alpha = 0.05$, $\beta = 0.2$) revealed that 7 subjects would provide sufficient power to detect a 1.8% ($1.5\% \times CV$) change in the distance completed among conditions. The region of practical equivalence (ROPE) [25] and the second-generation p-values techniques [26] were used to assess the practical significance of the changes in performance among conditions, based on a smallest worthwhile change in time-trial distance or speed of $0.5 \times 1.17\%$ [27]. Moreover, Cohens's d_z effect sizes associated with the changes in distance completed among conditions were computed according to the following formula [28]:

$$t/\sqrt{n} \quad (4)$$

where t is the t -value of the paired-samples t -test and n the number of participants.

An effect size <0.20 was considered to be trivial and unsubstantial, between 0.21 and 0.49 small but substantial, between 0.50 and 0.79 moderate and >0.80 large and substantial [29]. All data are reported as means \pm standard deviations (SD).

2.6 Results

2.6.1 Participants and Laboratory Temperature and Relative Humidity

Table 1 shows the physical characteristics of participants. The average ambient temperature and relative humidity inside the laboratory were respectively of 30.0 ± 0.1 °C and $49.2 \pm 1.2\%$, without difference between conditions (both $p > 0.05$).

Table 2. Physical characteristics of participants (7 males and 2 females).

Characteristics	Mean \pm SD
Age (years)	30 ± 9
Height (cm)	175 ± 4
Body mass (kg)	71 ± 7
Fat mass (%)	11 ± 8
Fat-free mass (%)	86 ± 8
Resting heart rate (beats \cdot min ⁻¹)	60 ± 10
Maximal heart rate (beats \cdot min ⁻¹)	192 ± 8
Peak oxygen consumption (mL \cdot kg ⁻¹ \cdot min ⁻¹)	59 ± 8
Peak power output (W)	391 ± 51
Relative peak power output (W \cdot kg ⁻¹)	5.5 ± 0.7

2.6.2 Hydration State of Participants Prior to the Time-Trials

Table 2 shows data related to the hydration state of participants before each time-trial. Altogether, they indicate that participants were well and similarly hydrated prior to commencing each time-trial. Moreover, thirst perception did not differ ($p = 0.07$) among conditions prior to the beginning of the time-trials (data not shown).

Table 3. Data related to the hydration state of participants before each time-trial.

Parameters	NFI	TDFI	PFI	p
USG ($\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	1.008 ± 0.007	1.008 ± 0.007	1.006 ± 0.004	0.97
Hematocrit (%)	46 ± 2	46 ± 2	45 ± 3	0.44
Body mass (kg)	72.2 ± 7.3	71.9 ± 7.4	72.1 ± 7.5	0.49
Heart rate ($\text{beats} \cdot \text{min}^{-1}$)	76 ± 12	80 ± 14	77 ± 18	0.83

2.6.3 Fluid Balance

Table 3 reports fluid balance data associated with each cycling time-trial. Participants were successfully hydrated during the PFI condition, since mean post-exercise BM loss amounted to $0.6 \pm 0.2\%$ (range 0.32 to 1.05%), which agrees relatively well with our targeted level of 0.5%. Whether reported in absolute terms or relative to BM or distance completed, the amount of fluid consumed with PFI was nearly threefold higher than that when participants drank according to their thirst perception. Although the amount of water consumed was substantially different among trials, total sweat loss, total urine production and urine specific gravity measured following exercise showed no significant difference among conditions.

Table 4. Fluid balance data during the time-trials.

Parameters	NFI	TDFI	PFI
Total water consumption (mL)	0	$565 \pm 178^*$	$1606 \pm 125^{*}\#$
Total water consumption ($\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1}$)	0	$8.0 \pm 2.9^*$	$22.5 \pm 3.3^{*}\#$
Total water consumption ($\text{mL} \cdot \text{km}^{-1}$)	0	$15.8 \pm 4.9^*$	$45.0 \pm 3.7^{*}\#$
Sweat loss (mL)	2102 ± 159	2118 ± 129	2010 ± 191
Post-exercise USG ($\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	1.010 ± 0.008	1.011 ± 0.007	1.010 ± 0.005
Exercise-induced BM loss (% BM)	2.9 ± 0.4	$2.2 \pm 0.3^*$	$0.6 \pm 0.2^{*}\#$
Rate of BM loss (% BM $\cdot \text{min}^{-1}$)	0.049 ± 0.006	$0.036 \pm 0.005^*$	$0.009 \pm 0.004^{*}\#$
Time to reach 2% BM loss (min)	41.4 ± 5.1	$55.9 \pm 7.0^*$	$236.7 \pm 80.3^{*}\#$
Post-exercise urine production (mL)	199 ± 110	152 ± 103	187 ± 145

* $p < 0.05$ between PFI and NFI, # $p < 0.05$ between PFI and TDFI

2.6.4 Physiological Responses during the Time-Trials

Figure 2A reports the changes in heart rate over time during each of the three time-trials. A time ($p < 0.01$), interaction ($p = 0.01$) but no condition ($p = 0.46$) effects were observed. The mean heart rates maintained during the time-trials were 171 ± 7 , 173 ± 5 and 170 ± 4 beats \cdot min $^{-1}$, representing a mean exercise intensity of 89 ± 5 , 90 ± 4 and $88 \pm 6\%$ of maximal heart rate for the NFI, TDFI and PFI trials, respectively. Post-hoc comparisons revealed that heart rate was lower with PFI than with TDFI at min 40 ($p = 0.03$) and 55 ($p = 0.01$), and at min 40 ($p = 0.02$), 45 ($p = 0.04$), 50 ($p = 0.03$) and 55 ($p = 0.04$), when compared to NFI while no difference was detected between TDFI and NFI. Rectal (Figure 2B) and mean skin temperatures (Figure 2C) respectively increased and decreased over time (both $p < 0.01$), but no significant difference was observed among conditions for rectal ($p = 0.08$) and mean skin ($p = 0.49$) temperatures. An interaction effect was however observed regarding rectal ($p = 0.02$) but not mean skin ($p = 0.84$) temperature. Post-hoc comparisons showed that only PFI and TDFI were different from 25 min onwards for rectal temperature. The pre- to post-exercise changes in plasma volume were not different among conditions (NFI: -16.3 ± 3.6 ; TDFI: -16.0 ± 7.7 ; PFI: $-13.3 \pm 8.4\%$, $p = 0.52$), which was also the case regarding the changes in plasma sodium concentration among conditions (NFI: $+2.9 \pm 8.9$; TDFI: $+7.0 \pm 11.4$; PFI: $+3.1 \pm 12.6$ mmol \cdot L $^{-1}$, $p = 0.44$).

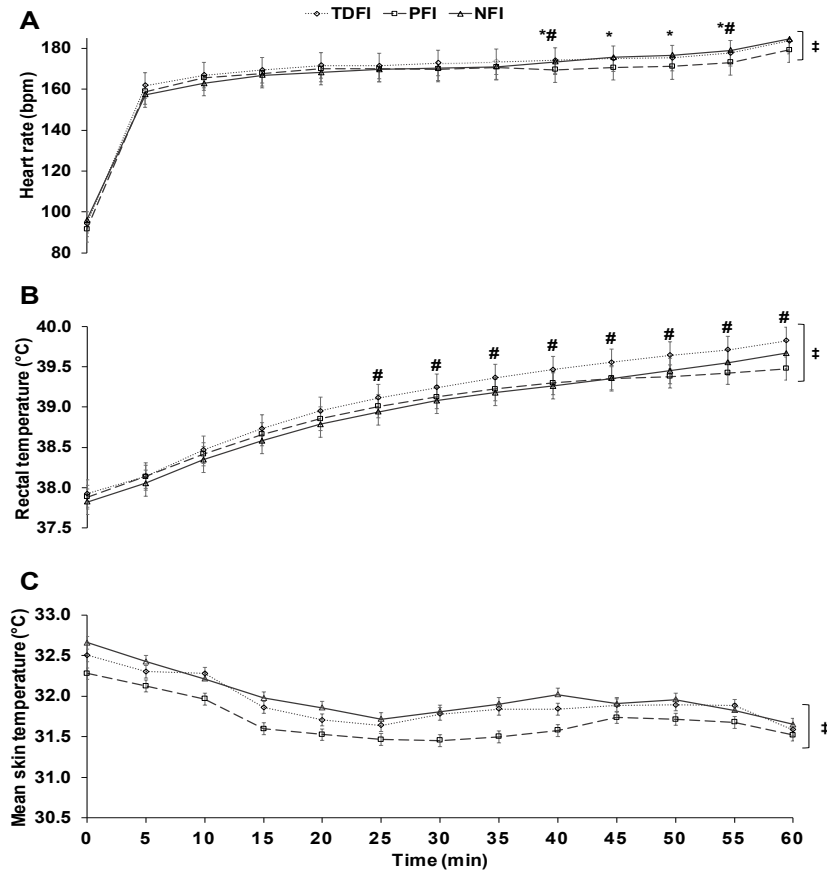
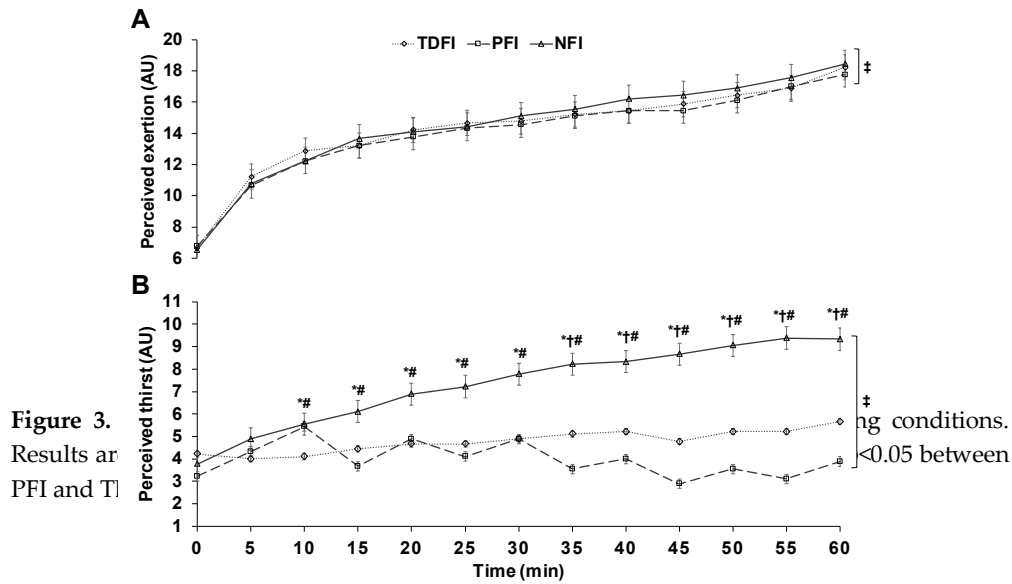


Figure 2. Changes in heart rate (a), rectal temperature (b) and mean skin temperature (c) across time among conditions. Results are means \pm SD. * $p < 0.05$ between PFI and NFI, # $p < 0.05$ between PFI and TDFI, ‡ significant time effect.

2.6.5 Perceptual Responses during the Time-Trials

As Figure 3A shows, perceived exertion increased slowly and continuously over time ($p < 0.01$), with no condition ($p = 0.22$) or interaction effect ($p = 0.17$). A significant time, condition and interaction effect was observed among conditions with respect to perceived thirst (Figure 3B) and interaction effect was observed among conditions with respect to perceived thirst (Figure 3B) and abdominal discomfort (results not shown) (all $p < 0.02$). Post-hoc comparisons revealed that perceived thirst associated with NFI was significantly higher than either PFI or TDFI from 10 min onwards. Average thirst sensations with NFI, TDFI and PFI were respectively 7.3 ± 2.2 , 4.8 ± 1.4 and 4.0 ± 1.6 AU (all $p < 0.05$). Abdominal discomfort was only significantly different between PFI

and TDFI at min 50 and 55, and between PFI and NFI at min 55. Average abdominal discomforts with NFI, TDFI and PFI were respectively, 1.2 ± 0.5 , 1.3 ± 0.5 and 1.6 ± 0.9 AU (all $p > 0.05$).



2.6.6 Time-Trial Performance

Participants completed the 1 h time-trial at an average speed of 35.6 ± 1.9 , 35.8 ± 2.0 and 35.7 ± 2.0 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ for the NFI, TDFI and PFI trials, respectively ($p = 0.22$). The effect sizes associated with the differences on average speed or mean distance completed between NFI vs. TDFI and PFI were both trivial and unsubstantial. Figure 4 shows the changes in power output over time among conditions. A time ($p < 0.01$), but no condition ($p = 0.25$) or interaction ($p = 0.34$) effects were observed. No difference was observed among conditions for the mean power output maintained throughout the time-trials (NFI: 237 ± 31 ; TDFI: 241 ± 33 ; PFI: 240 ± 34 W; $p = 0.23$).

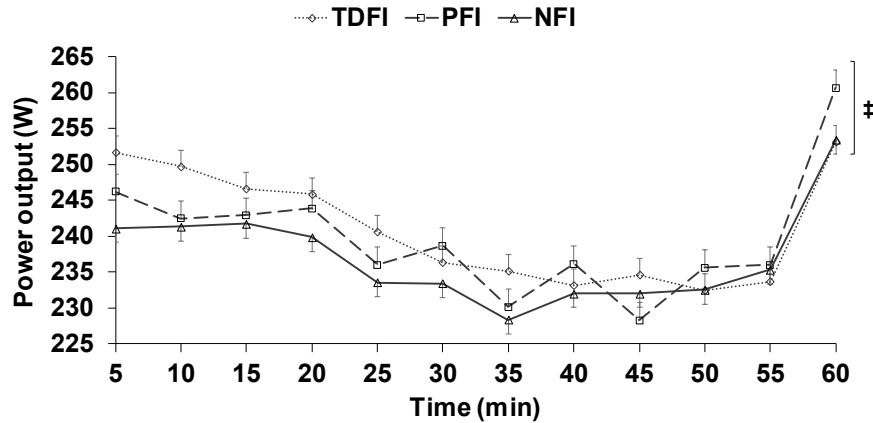


Figure 4. Changes in power output across time among conditions. Results are means \pm SD. ‡ significant time effect.

Based on the relationships between the highest density interval and the region of practical equivalence (ROPE), as well as based on the second generation p-values-derived observations, from a practical point of view the magnitude of the differences between TDFI and NFI or PFI and NFI is unclear to draw any conclusion about how these strategies impact time-trial performance, compared with NFI.

2.7 Discussion

This is the first study to compare the effect of NFI, TDFI and PFI during a 1 h cycling time-trial performance in endurance-trained athletes. A meta-analysis [9] had recently concluded that, compared with NFI, a 1 h high-intensity cycling performance was likely to be impaired if all fluid losses through sweat and urine were replaced during exercise. However, it was unknown whether a much lower fluid consumption achieved through the drinking of fluid according to thirst sensation [30] would lead to the same conclusion. From a statistical point of view, our results indicate that there was no difference in the magnitude of the distance completed among the three drinking strategies during the time-trial, and from a practical perspective, that the effects of TDFI and PFI, in comparison to NFI, were trivial and not clear enough to draw any conclusions about how these drinking strategies impact 1 h cycling time-trial performance. The present findings contribute to the current literature by adding the notion that drinking fluid according to thirst sensation is unlikely to provide any worthwhile benefit over NFI during a 1 h cycling time-trial performance.

Contrary to our hypothesis, there was no significant difference in mean speed, the amount of distance completed or means power output maintained during the time-trial between NFI, TDFI and PFI. That PFI offers no performance improvement over NFI during a 1 h cycling time-trial performance has also been observed before and is not new [3–5]. Interestingly, Robinson, Hawley, Palmer, Wilson, Gray, Noakes and Dennis [7] have even reported that PFI impairs 1 h cycling time-trial performance, compared with NFI. The authors concluded that an uncomfortable feeling of stomach fullness that persisted throughout exercise may have been the culprit. In studies using exercise protocols combining a period of fixed-intensity cycling exercise followed by a time-trial, mixed findings were observed, where on the one hand, Below, Mora-Rodriguez, Gonzalez-Alonso and Coyle [8] observed an advantage of PFI over NFI whereas, on the other, McConell, Stephens and Canny [6] observed no significant difference between NFI and PFI. However, as those studies used non-ecologically valid exercise protocols, and that under this situation the impact of dehydration has been shown to differ from that observed during ecologically valid exercise protocols [31], it is difficult to infer their finding to out-of-doors exercise.

It was our contention that TDFI would improve performance over PFI primarily by substantially reducing the sensation of abdominal discomfort, which has been associated with performance impairments in other studies [7,11,13,32], and over NFI by attenuating the increase in plasma sodium concentration, and hence plasma osmolality, which has been suggested to be a mediator of performance through the regulation of thirst sensation [33]. Given that there was no significant difference in abdominal discomfort between PFI and TDFI, and that the sensation of discomfort was found to be low in both experiments, we are therefore not surprised that full fluid replacement did not hinder performance, compared with TDFI. Previous studies examining the impact of hydration on 1 h cycling performance have observed significant gastrointestinal discomforts in their participants [4,6,7]. Contrary to ours, these studies all provided an important bolus of fluid immediately prior to the beginning of exercise, which may potentially explain the divergence in findings. On the other hand, although thirst sensation was found to be significantly higher with NFI than TDFI, from a physiological perspective the difference between trials was likely trivial, reaching on the perception scale an average rating

corresponding to moderate thirst for NFI and slight thirst for TDFI. Moreover, the magnitude of difference in plasma sodium changes among conditions was found not to be statistically different.

When racing against the clock, individuals pace their speed and modify their behavior in effort to achieve optimal sensory sensation, and feedback provided by perceived exertion plays a pivotal role in the different decision-making processes. We observed no significant difference in perceived exertion throughout exercise among the different experiments, suggesting that the level of stress placed on the body and imposed to the different physiological systems was similar among experiments, thereby providing another potential explanation for the lack of difference in performance among trials.

To prevent the impairment of, or reduce the decline in, exercise performance as well as for maintaining cardiovascular and thermoregulatory functions, it is proposed that the goal of drinking during exercise is to prevent a body mass loss $>2\%$ [34]. Yet, despite exceeding this body mass loss threshold during both the NFI and TDFI condition, no decline in performance was observed compared with PFI, where body mass loss was kept 2% to observe the detrimental effect of dehydration during TDFI, this argument does not hold for the NFI trial where participants exercised for the last 20 min with a body mass loss $>2\%$. Although heart rate and rectal temperature were both elevated among all trials during exercise, the lack of difference in the regulation of these variables among trials could potentially be explained by the combination of the large core-to-skin gradient in temperature coupled with the similar regulation of plasma volume changes among trials, which together likely allowed the maintenance of similar skin blood flow and venous return to the heart despite the varying degrees of BM loss. Moreover, it must be taken into account that this study was performed in trained athletes, who show improved cardiovascular and thermoregulatory functions under an hypohydration state, compared to untrained individuals [36].

Several factors need to be considered when interpreting the present findings. First, participants entered the study with different states of heat acclimatization, as the collection of data took place from the end of the summer to the beginning of the winter months. However, considering the crossover design of the study, we believe that this factor played a marginal role. Moreover, regulatory control of physiological functions

and water balance would have been even tighter in heat-acclimatized participants [37], suggesting that it is unlikely that different findings would have been observed had participants been accustomed to the heat. Although all participants trained $>10 \text{ h} \cdot \text{week}^{-1}$, not all of them were high-level competitive cyclists. Having worked exclusively with those athletes would have likely lowered the variation in performance among trials, potentially helping to detect worthwhile changes in time-trial performance. Participants were given access to their power output, time, speed and distance so they could optimize their pacing strategy during the time-trial. This could be seen as a weakness of this study. We argue the opposite, as under real-world conditions, cyclists rely on these parameters to adjust pacing, especially during time-trial conditions. Moreover, had the impact of dehydration been so deleterious on performance, participants would likely have been unable to rely on their usual well-hydrated parameters to adjust pacing. Three high-speed fans blowing air at a speed of $25\text{--}30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ were placed in front of the participants during exercise. This variable has often been neglected in many studies even if it has been well established that it plays an important role in the control of thermoregulation [38].

In conclusion, our results indicate that drinking according to thirst sensation during a 1 h cycling time-trial performance confers, from a statistical standpoint, no advantage compared with NFI and PFI. From a practical standpoint; however, difference in findings were found to be trivial and uncertain to determine whether PFI or TDFI offers any advantage over NFI. In a recent meta-analysis, Holland et al. [9] concluded that PFI aimed at fully replacing sweat losses impairs 1 h high-intensity cycling performance, compared with NFI. Results of the current study adds to the literature and indicate that neither PFI nor TDFI are likely to offer any advantage over NFI during a 1 h cycling time-trial.

Author Contributions: Conceptualization, M.P.-B. and E.D.B.G.; Formal analysis, M.P.-B., T.A.D. and E.D.B.G.; Investigation, M.P.-B., D.J., J.B., A.D., and E.D.B.G.; Methodology, M.P.-B. and E.D.B.G.; Resources, E.D.B.G.; Supervision, E.D.B.G.; Validation, E.D.B.G.; Writing—Original draft, M.P.-B., T.A.D., and E.D.B.G.; Writing—Review & editing, M.P.-B., T.A.D., D.J., J.B., A.D., and E.D.B.G.

Funding: This study was financially supported by a department grant from the Université de Sherbrooke.

Acknowledgments: We must thank all athletes who participated in, and dedicated time, commitment and efforts to the success of this project. This study was made possible through a research grant provided by the Université de Sherbrooke. Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

2.8 References

1. Cheuvront, S.N.; Kenefick, R.W.; Montain, S.J.; Sawka, M.N. Mechanisms of aerobic performance impairment with heat stress and dehydration. *J. Appl. Physiol.* 2010, 109, 1989–1995.
2. Montain, S.J.; Coyle, E.F. Fluid ingestion during exercise increases skin blood flow independent of increases in blood volume. *J. Appl. Physiol.* 1992, 73, 903–910.
3. Bachle, L.; Eckerson, J.; Albertson, L.; Ebersole, K.; Goodwin, T.; Petzel, D. The effect of fluid replacement on endurance performance. *J. Strength Cond. Res./Natl. Strength Cond. Assoc.* 2001, 15, 217–224.
4. Backx, K.; van Someren, K.A.; Palmer, G.S. One hour cycling performance is not affected by ingested fluid volume. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2003, 13, 333–342.
5. Kay, D.; Marino, F.E. Failure of fluid ingestion to improve self-paced exercise performance in moderate-to-warm humid environments. *J. Biol.* 2003, 28, 29–34.
6. McConell, G.K.; Stephens, T.J.; Canny, B.J. Fluid ingestion does not influence intense 1-h exercise performance in a mild environment. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1999, 31, 386–392.
7. Robinson, T.A.; Hawley, J.A.; Palmer, G.S.; Wilson, G.R.; Gray, D.A.; Noakes, T.D.; Dennis, S.C. Water ingestion does not improve 1-h cycling performance in moderate ambient temperatures. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 1995, 71, 153–160.
8. Below, P.R.; Mora-Rodriguez, R.; Gonzalez-Alonso, J.; Coyle, E.F. Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1 h of intense exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1995, 27, 200–210.
9. Holland, J.J.; Skinner, T.L.; Irwin, C.G.; Leveritt, M.D.; Goulet, E.D.B. The influence of drinking fluid on endurance cycling performance: A meta-analysis. *Sports Med. (Auckl. N. Z.)* 2017, 47, 2269–2284.
10. Savoie, F.A.; Dion, T.; Asselin, A.; Gariépy, C.; Boucher, P.M.; Berrigan, F.; Goulet, E.D. Intestinal temperature does not reflect rectal temperature during prolonged, intense running with cold fluid ingestion. *Physiol. Meas.* 2015, 36, 259–272.
11. Daries, H.N.; Noakes, T.D.; Dennis, S.C. Effect of fluid intake volume on 2-h running performances in a 25 degrees C environment. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2000, 32, 1783–1789.
12. Dion, T.; Savoie, F.A.; Asselin, A.; Gariépy, C.; Goulet, E.D. Half-marathon running performance is not improved by a rate of fluid intake above that dictated by thirst sensation in trained distance runners. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2013, 113, 3011–3020.
13. Mitchell, J.B.; Voss, K.W. The influence of volume on gastric emptying and fluid balance during prolonged exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1991, 23, 314–319.

14. Goulet, E.D.B.; Hoffman, M.D. Impact of Ad Libitum Versus Programmed Drinking on Endurance Performance: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Med. (Auckl. N. Z.)* 2019, 49, 221–232.
15. Noakes, T.D. Is drinking to thirst optimum? *Ann. Nutr. Metab.* 2010, 57 (Suppl. 2), 9–17.
16. Dugas, J.P.; Oosthuizen, U.; Tucker, R.; Noakes, T.D. Rates of fluid ingestion alter pacing but not thermoregulatory responses during prolonged exercise in hot and humid conditions with appropriate convective cooling. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2009, 105, 69–80.
17. Mundel, T.; King, J.; Collacott, E.; Jones, D.A. Drink temperature influences fluid intake and endurance capacity in men during exercise in a hot, dry environment. *Exp. Physiol.* 2006, 91, 925–933.
18. Lee, J.K.; Shirreffs, S.M.; Maughan, R.J. Cold drink ingestion improves exercise endurance capacity in the heat. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2008, 40, 1637–1644.
19. Ramanathan, N.L. A new weighting system for mean surface temperature of the body. *J. Appl. Physiol.* 1964, 19, 531–533.
20. WHO Guidelines Approved by the Guidelines Review Committee. WHO Guidelines on Drawing Blood: Best Practices in Phlebotomy; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2010.
21. Goulet, E.D.B.; De La Flore, A.; Savoie, F.A.; Gosselin, J. Salt + Glycerol-Induced Hyperhydration Enhances Fluid Retention More Than Salt- or Glycerol-Induced Hyperhydration. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2018, 28, 246–252.
22. Dill, D.B.; Costill, D.L. Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. *J. Appl. Physiol.* 1974, 37, 247–248.
23. Marino, F.E.; Kay, D.; Cannon, J.; Serwach, N.; Hilder, M. A reproducible and variable intensity cycling performance protocol for warm conditions. *J. Sci. Med. Sport* 2002, 5, 95–107.
24. Palmer, G.S.; Dennis, S.C.; Noakes, T.D.; Hawley, J.A. Assessment of the reproducibility of performance testing on an air-braked cycle ergometer. *Int. J. Sports Med.* 1996, 17, 293–298.
25. Kruschke, J.K.; Liddell, T.M. The Bayesian New Statistics: Hypothesis testing, estimation, meta-analysis, and power analysis from a Bayesian perspective. *Psychon. Bull. Rev.* 2018, 25, 178–206.
26. Blume, J.D.; D'Agostino McGowan, L.; Dupont, W.D.; Greevy, R.A., Jr. Second-generation p-values: Improved rigor, reproducibility, & transparency in statistical analyses. *PLoS ONE* 2018, 13, e0188299.
27. Hopkins, W.G. How to interpret changes in an athletic performance test. *Sportscience* 2004, 8, 1–7.

28. Lakens, D. Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: A practical primer for t-tests and ANOVAs. *Front. Psychol.* 2013, 4, 863.
29. Goulet, E.D.; Aubertin-Leheudre, M.; Plante, G.E.; Dionne, I.J. A meta-analysis of the effects of glycerol-induced hyperhydration on fluid retention and endurance performance. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2007, 17, 391–410.
30. Noakes, T.D. Fluid replacement during exercise. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 1993, 21, 297–330.
31. Goulet, E.D. Effect of exercise-induced dehydration on endurance performance: Evaluating the impact of exercise protocols on outcomes using a meta-analytic procedure. *Br. J. Sports Med.* 2013, 47, 679–686.
32. Burke, L.M.; Wood, C.; Pyne, D.B.; Telford, D.R.; Saunders, P.U. Effect of carbohydrate intake on half-marathon performance of well-trained runners. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2005, 15, 573–589.
33. Sawka, M.N.; Noakes, T.D. Does dehydration impair exercise performance? *Med. Sci. Sports Exerc.* 2007, 39, 1209–1217.
34. Sawka, M.N.; Burke, L.M.; Eichner, E.R.; Maughan, R.J.; Montain, S.J.; Stachenfeld, N.S. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2007, 39, 377–390.
35. McDermott, B.P.; Anderson, S.A.; Armstrong, L.E.; Casa, D.J.; Cheuvront, S.N.; Cooper, L.; Kenney, W.L.; O'Connor, F.G.; Roberts, W.O. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Fluid Replacement for the Physically Active. *J. Athl. Train.* 2017, 52, 877–895.
36. Merry, T.L.; Ainslie, P.N.; Cotter, J.D. Effects of aerobic fitness on hypohydration-induced physiological strain and exercise impairment. *Acta Physiol. (Oxf. Engl.)* 2010, 198, 179–190.
37. Periard, J.D.; Racinais, S.; Sawka, M.N. Adaptations and mechanisms of human heat acclimation: Applications for competitive athletes and sports. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 2015, 25 (Suppl. 1), 20–38.
38. Saunders, A.G.; Dugas, J.P.; Tucker, R.; Lambert, M.I.; Noakes, T.D. The effects of different air velocities on heat storage and body temperature in humans cycling in a hot, humid environment. *Acta Physiol. Scand.* 2005, 183, 241–255.

3. DISCUSSION

Cette discussion est une addition à celle disponible dans l'article présenté dans la section méthodologie de ce mémoire.

Goulet en 2011 a effectué une méta-analyse sur les effets de la déshydratation lors d'exercices d'endurance à vélo. La conclusion qui en est ressortie est qu'une déshydratation allant jusqu'à 4.3 % du PC n'affectait pas la performance et donc qu'un protocole d'hydratation basé sur les perceptions de la soif optimiserait la performance (E. D. Goulet, 2011). Cependant, seulement 4 études portant sur des exercices d'une heure à vélo existaient et tous présentaient des lacunes au niveau du protocole de recherche. De plus, une récente méta-analyse a conclu que l'ingestion de liquides de façon programmée, lorsque comparée à l'absence d'ingestion de liquides, diminuerait les performances lors d'exercices intenses à vélo d'une durée d'une heure (Holland et al., 2017). C'est pourquoi on s'est intéressé à comparer les différentes techniques d'hydratation les plus couramment utilisées sur le terrain et ce, tous regroupées dans une seule et même étude.

Tout d'abord, cette étude, bien qu'à première vue ne démontre aucun résultat novateur, permet de venir clarifier et bonifier les conclusions de Goulet et Hoffman (2019). En effet, il est maintenant possible de dire qu'en situation de contre-la-montre à vélo d'une heure, les athlètes peuvent utiliser l'ingestion de liquide programmé ou boire selon les perceptions de la soif sans abaisser leur performance.

3.1 Limites de l'étude

Une limite bien présente dans cette étude, mais difficile à quantifier, est la différence d'acclimatation à la chaleur entre les participants. En effet, l'étude s'étant déroulée d'août à novembre, certains participants ont commencé bien acclimatés à la chaleur tandis que d'autres beaucoup moins. Bien qu'on ait demandé un 10 heures minimum d'entraînement par semaine comme critère d'inclusion, le niveau des participants était définitivement différent. Ceci peut laisser suggérer 1) que certains participants se sont accoutumés plus rapidement que d'autres aux expérimentations; 2) que le niveau d'amélioration entre les visites peut avoir différé entre les participants et; 3)

que certains participants ont récupéré plus rapidement que d'autres entre les visites. Il aurait été très intéressant d'effectuer une période d'acclimatation à la chaleur pré-expérimentale de quelques semaines dans la chambre environnementale où les participants auraient pu venir effectuer des entraînements préalablement établis.

Sans vraiment représenter une limite, la sonde rectale câblée a causé quelques problèmes. En effet, il n'a pas été possible pour nous de fixer la sonde câblée avec le harnais conventionnel, à cause de la grande quantité de mouvements répétés et à la friction qu'effectuait le montage au-devant de la cuisse. Du coup, dans certaines expérimentations, la sonde sortait de quelques centimètres pouvant ainsi influencer la valeur de température rectale (Gosselin et al., 2019). Il aurait été intéressant d'utiliser la sonde télémétrique avec le nouveau montage de notre laboratoire permettant, après stérilisation et désinfection à haut niveau, une réutilisation évitant ainsi les problèmes de frictions et le haut coût relié à cette sonde.

Une limite qui peut sembler banale, mais qui m'a semblé bien présente, était l'influence de la connaissance des participants sur la quantité d'eau à boire avant l'expérimentation. En effet, il semblerait que la connaissance de cette dernière pourrait jouer un rôle sur la motivation, l'effort perçu et ultimement sur la performance déployée. Il serait donc intéressant lors de la première visite de fournir un questionnaire aux participants nous renseignant entre autres sur leurs habitudes de consommation de liquides, leurs connaissances en matière d'hydratation ainsi que leurs opinions personnelles sur le sujet. De cette façon, il nous serait possible de faire de futurs liens entre certaines performances et les réponses obtenues dans ces questionnaires.

4. CONCLUSION

Les résultats de ce mémoire vont en partie à l'encontre de nos hypothèses de départ en ne démontrant aucune différence significative dans la vitesse moyenne, la distance complétée ou la puissance moyenne maintenue tout au long du contre-la-montre et ce, entre AIL, BSPS et ILP.

Les retombées de ce mémoire sont importantes, car elles contribuent à la présente littérature, informant davantage les athlètes, entraîneurs, kinésiologues, professionnels de la santé et chercheurs sur la possibilité d'utiliser des protocoles d'hydratation se rapprochant de ILP et de BSPS sachant qu'ils n'octroient aucun avantage ni désavantage sur la performance lors d'un contre-la-montre d'une heure à vélo.

Les futures recherches dans le domaine de l'hydratation et de la performance devraient toujours se dérouler à l'aide de protocole se rapprochant le plus possible de la réalité terrain des athlètes. Il serait aussi très intéressant de se pencher sur la possibilité d'une quelconque adaptation potentiellement présente suite à la répétition d'entraînement en état de déshydratation. Ces recherches permettraient de faire le point entre les différences de résultats obtenus dans les études de laboratoire versus ceux obtenus sur le terrain.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Armstrong, L. E., Soto, J. A., Hacker, F. T., Jr., Casa, D. J., Kavouras, S. A., & Maresh, C. M. (1998). Urinary indices during dehydration, exercise, and rehydration. *Int J Sport Nutr*, 8(4), 345-355. doi:10.1123/ijsn.8.4.345
- Bachle, L., Eckerson, J., Albertson, L., Ebersole, K., Goodwin, J., & Petzel, D. (2001). The effect of fluid replacement on endurance performance. *J Strength Cond Res*, 15(2), 217-224.
- Backx, K., Howatson, G., & van Someren, K. A. (2007). Fluid Ingestion Strategies of Competitive Cyclists During 40 km Time Trial Competition. *J Sports Sci Med*, 6(4), 572-573.
- Banzet, S., Koulmann, N., & Bourdon, L. (2012). Activité physique et hyperthermie. *Med Armées*.
- Below, P. R., Mora-Rodriguez, R., Gonzalez-Alonso, J., & Coyle, E. F. (1995). Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1 h of intense exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 27(2), 200-210. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7723643>
- Cheuvront, S. N., & Kenefick, R. W. (2014). Dehydration: physiology, assessment, and performance effects. *Compr Physiol*, 4(1), 257-285. doi:10.1002/cphy.c130017
- Cheuvront, S. N., Kenefick, R. W., Montain, S. J., & Sawka, M. N. (2010). Mechanisms of aerobic performance impairment with heat stress and dehydration. *J Appl Physiol (1985)*, 109(6), 1989-1995. doi:10.1152/japplphysiol.00367.2010
- Convertino, V. A., Armstrong, L. E., Coyle, E. F., Mack, G. W., Sawka, M. N., Senay, L. C., Jr., & Sherman, W. M. (1996). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc*, 28(1), i-vii. doi:10.1097/00005768-199610000-00045
- Costill, D. L., & Saltin, B. (1974). Factors limiting gastric emptying during rest and exercise. *J Appl Physiol*, 37(5), 679-683. doi:10.1152/jappl.1974.37.5.679
- Coyle, E. F. (2004). Fluid and fuel intake during exercise. *J Sports Sci*, 22(1), 39-55. doi:10.1080/0264041031000140545
- Daries, H. N., Noakes, T. D., & Dennis, S. C. (2000). Effect of fluid intake volume on 2-h running performances in a 25 degrees C environment. *Med Sci Sports Exerc*, 32(10), 1783-1789. doi:10.1097/00005768-200010000-00019

- Di Bello, V., Santoro, G., Talarico, L., Di Muro, C., Caputo, M. T., Giorgi, D., . . . Giusti, C. (1996). Left ventricular function during exercise in athletes and in sedentary men. *Med Sci Sports Exerc*, 28(2), 190-196. doi:10.1097/00005768-199602000-00006
- Dion, T., Savoie, F. A., Asselin, A., Gariépy, C., & Goulet, E. D. (2013). Half-marathon running performance is not improved by a rate of fluid intake above that dictated by thirst sensation in trained distance runners. *Eur J Appl Physiol*, 113(12), 3011-3020. doi:10.1007/s00421-013-2730-8
- Dugas, J. P., Oosthuizen, U., Tucker, R., & Noakes, T. D. (2009). Rates of fluid ingestion alter pacing but not thermoregulatory responses during prolonged exercise in hot and humid conditions with appropriate convective cooling. *Eur J Appl Physiol*, 105(1), 69-80. doi:10.1007/s00421-008-0876-6
- Febbraio, M. A. (2000). Does muscle function and metabolism affect exercise performance in the heat? *Exerc Sport Sci Rev*, 28(4), 171-176.
- Febbraio, M. A., Carey, M. F., Snow, R. J., Stathis, C. G., & Hargreaves, M. (1996). Influence of elevated muscle temperature on metabolism during intense, dynamic exercise. *Am J Physiol*, 271(5 Pt 2), R1251-1255. doi:10.1152/ajpregu.1996.271.5.R1251
- Febbraio, M. A., Snow, R. J., Stathis, C. G., Hargreaves, M., & Carey, M. F. (1996). Blunting the rise in body temperature reduces muscle glycogenolysis during exercise in humans. *Exp Physiol*, 81(4), 685-693. doi:10.1113/expphysiol.1996.sp003969
- Gledhill, N., Cox, D., & Jamnik, R. (1994). Endurance athletes' stroke volume does not plateau: major advantage is diastolic function. *Med Sci Sports Exerc*, 26(9), 1116-1121.
- Gonzalez-Alonso, J. (2012). Human thermoregulation and the cardiovascular system. *Exp Physiol*, 97(3), 340-346. doi:10.1113/expphysiol.2011.058701
- Gonzalez-Alonso, J., Calbet, J. A., & Nielsen, B. (1999). Metabolic and thermodynamic responses to dehydration-induced reductions in muscle blood flow in exercising humans. *J Physiol*, 520 Pt 2, 577-589. doi:10.1111/j.1469-7793.1999.00577.x
- Gonzalez-Alonso, J., Crandall, C. G., & Johnson, J. M. (2008). The cardiovascular challenge of exercising in the heat. *J Physiol*, 586(1), 45-53. doi:10.1113/jphysiol.2007.142158
- Gonzalez-Alonso, J., Mora-Rodriguez, R., Below, P. R., & Coyle, E. F. (1995). Dehydration reduces cardiac output and increases systemic and cutaneous vascular resistance during exercise. *J Appl Physiol* (1985), 79(5), 1487-1496. doi:10.1152/jappl.1995.79.5.1487
- Gonzalez-Alonso, J., Mora-Rodriguez, R., Below, P. R., & Coyle, E. F. (1997). Dehydration markedly impairs cardiovascular function in hyperthermic endurance athletes during exercise. *J Appl Physiol* (1985), 82(4), 1229-1236. doi:10.1152/jappl.1997.82.4.1229

- Gosselin, J., Beliveau, J., Hamel, M., Casa, D., Hosokawa, Y., Morais, J. A., & Goulet, E. D. B. (2019). Wireless measurement of rectal temperature during exercise: Comparing an ingestible thermometric telemetric pill used as a suppository against a conventional rectal probe. *J Therm Biol*, 83, 112-118. doi:10.1016/j.jtherbio.2019.05.010
- Goulet, E. D. (2011). Effect of exercise-induced dehydration on time-trial exercise performance: a meta-analysis. *Br J Sports Med*, 45(14), 1149-1156. doi:10.1136/bjsm.2010.077966
- Goulet, E. D. B., & Hoffman, M. D. (2019). Impact of Ad Libitum Versus Programmed Drinking on Endurance Performance: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Med*, 49(2), 221-232. doi:10.1007/s40279-018-01051-z
- Greenleaf, J. E. (1992). Problem: thirst, drinking behavior, and involuntary dehydration. *Med Sci Sports Exerc*, 24(6), 645-656.
- Guyton, J. R., Betteridge, D. J., Farnier, M., Leiter, L. A., Lin, J., Shah, A., . . . Brudi, P. (2011). Achievement of recommended lipid and lipoprotein levels with combined ezetimibe/statin therapy versus statin alone in patients with and without diabetes. *Diab Vasc Dis Res*, 8(2), 160-172. doi:10.1177/1479164111406457
- Hew-Butler, T., Verbalis, J. G., & Noakes, T. D. (2006). Updated fluid recommendation: position statement from the International Marathon Medical Directors Association (IMMDA). *Clin J Sport Med*, 16(4), 283-292.
- Holland, J. J., Skinner, T. L., Irwin, C. G., Leveritt, M. D., & Goulet, E. D. B. (2017). The Influence of Drinking Fluid on Endurance Cycling Performance: A Meta-Analysis. *Sports Med*, 47(11), 2269-2284. doi:10.1007/s40279-017-0739-6
- Kay, D., & Marino, F. E. (2003). Failure of fluid ingestion to improve self-paced exercise performance in moderate-to-warm humid environments. *Journal of Thermal Biology*, 28(1), 29-34. doi:https://doi.org/10.1016/S0306-4565(02)00032-3
- Logan-Sprenger, H. M., Heigenhauser, G. J., Jones, G. L., & Spriet, L. L. (2013). Increase in skeletal-muscle glycogenolysis and perceived exertion with progressive dehydration during cycling in hydrated men. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 23(3), 220-229.
- Lopez, R. M., Casa, D. J., Jensen, K. A., Stearns, R. L., DeMartini, J. K., Pagnotta, K. D., . . . Maresh, C. M. (2016). Comparison of Two Fluid Replacement Protocols During a 20-km Trail Running Race in the Heat. *J Strength Cond Res*, 30(9), 2609-2616. doi:10.1519/jsc.0000000000001359
- Luo, G.-J., Sun, X., & Hasselgren, P.-O. (2000). Hyperthermia stimulates energy-proteasome-dependent protein degradation in cultured myotubes. *American Journal of Physiology-*

- Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 278(3), R749-R756.
doi:10.1152/ajpregu.2000.278.3.R749
- McConell, G. K., Stephens, T. J., & Canny, B. J. (1999). Fluid ingestion does not influence intense 1-h exercise performance in a mild environment. *Med Sci Sports Exerc*, 31(3), 386-392. doi:10.1097/00005768-199903000-00006
- Mitchell, J. B., & Voss, K. W. (1991). The influence of volume on gastric emptying and fluid balance during prolonged exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 23(3), 314-319.
- Montain, S. J., & Coyle, E. F. (1992). Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J Appl Physiol (1985)*, 73(4), 1340-1350.
doi:10.1152/jappl.1992.73.4.1340
- Neufer, P. D., Young, A. J., & Sawka, M. N. (1989). Gastric emptying during exercise: effects of heat stress and hypohydration. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 58(4), 433-439.
doi:10.1007/bf00643521
- Nielsen, B., Hyldig, T., Bidstrup, F., Gonzalez-Alonso, J., & Christoffersen, G. R. (2001). Brain activity and fatigue during prolonged exercise in the heat. *Pflugers Arch*, 442(1), 41-48.
doi:10.1007/s004240100515
- Noakes, T. D. (1993). Fluid replacement during exercise. *Exerc Sport Sci Rev*, 21, 297-330.
Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8504845>
- Noakes, T. D. (2007). Drinking guidelines for exercise: what evidence is there that athletes should drink "as much as tolerable", "to replace the weight lost during exercise" or "ad libitum"? *J Sports Sci*, 25(7), 781-796. doi:10.1080/02640410600875036
- Perrier, E. T., Buendia-Jimenez, I., Vecchio, M., Armstrong, L. E., Tack, I., & Klein, A. (2015). Twenty-four-hour urine osmolality as a physiological index of adequate water intake. *Dis Markers*, 2015, 231063. doi:10.1155/2015/231063
- Popkin, B. M., D'Anci, K. E., & Rosenberg, I. H. (2010). Water, hydration, and health. *Nutr Rev*, 68(8), 439-458. doi:10.1111/j.1753-4887.2010.00304.x
- Robinson, T. A., Hawley, J. A., Palmer, G. S., Wilson, G. R., Gray, D. A., Noakes, T. D., & Dennis, S. C. (1995). Water ingestion does not improve 1-h cycling performance in moderate ambient temperatures. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 71(2-3), 153-160.
doi:10.1007/bf00854973
- Rollo, I., James, L., Croft, L., & Williams, C. (2012). The effect of carbohydrate-electrolyte beverage drinking strategy on 10-mile running performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 22(5), 338-346.

- Rowell, L. B. (1974). Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress. *Physiol Rev*, 54(1), 75-159. doi:10.1152/physrev.1974.54.1.75
- Rowland, T. (2009). Endurance athletes' stroke volume response to progressive exercise: a critical review. *Sports Med*, 39(8), 687-695. doi:10.2165/00007256-200939080-00005
- Savoie, F. A., Dion, T., Asselin, A., Gariépy, C., Boucher, P. M., Berrigan, F., & Goulet, E. D. (2015). Intestinal temperature does not reflect rectal temperature during prolonged, intense running with cold fluid ingestion. *Physiol Meas*, 36(2), 259-272. doi:10.1088/0967-3334/36/2/259
- Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J., & Stachenfeld, N. S. (2007). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc*, 39(2), 377-390. doi:10.1249/mss.0b013e31802ca597
- Sawka, M. N., Knowlton, R. G., & Critz, J. B. (1979). Thermal and circulatory responses to repeated bouts of prolonged running. *Med Sci Sports*, 11(2), 177-180.
- Sawka, M. N., Montain, S. J., & Latzka, W. A. (2001). Hydration effects on thermoregulation and performance in the heat. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*, 128(4), 679-690. doi:10.1016/s1095-6433(01)00274-4
- Sawka, M. N., & Noakes, T. D. (2007). Does dehydration impair exercise performance? *Med Sci Sports Exerc*, 39(8), 1209-1217. doi:10.1249/mss.0b013e318124a664
- Tam, N., & Noakes, T. D. (2013). The quantification of body fluid allostasis during exercise. *Sports Med*, 43(12), 1289-1299. doi:10.1007/s40279-013-0089-y

ANNEXE A

AFFICHE DE RECRUTEMENT



Projet de recherche

Curieux de comprendre l'impact de la consommation de liquide lors d'un exercice à vélo!

Nous recrutons présentement des volontaires afin d'évaluer l'efficacité de stratégies d'hydratation sur la performance

Chercheur principal: Eric Goulet, Ph.D., Numéro de projet: 2017-1715

Nous recherchons:

- 1) Personnes en santé (sexe masculin et féminin);
- 2) Âgées entre 18 et 55 ans;
- 3) Entraînées et pratiquant du vélo depuis plus de 4 ans;
- 4) Durée de l'étude: 5 visites au laboratoire;
- 5) Durée des visites: 2.5-3 heures.

Une compensation financière est prévue pour les frais encourus pour la participation à l'étude.

Pour plus d'informations, les personnes intéressées sont priées de contacter M. Maxime Perreault-Brière, B.Sc.

Ce projet a été approuvé par le CÉR du CIUSSS de l'Estrie – CHUS.

Date de parution: 14 décembre 2017

Maxime, Perreault-Brière Brière@usherbrooke.ca Tél.: 514-835-0238	Maxime, Perreault-Brière Brière@usherbrooke.ca Tél.: 514-835-0238	Maxime, Perreault-Brière Brière@usherbrooke.ca Tél.: 514-835-0238	Maxime, Perreault-Brière Brière@usherbrooke.ca Tél.: 514-835-0238	Maxime, Perreault-Brière Brière@usherbrooke.ca Tél.: 514-835-0238	Maxime, Perreault-Brière Brière@usherbrooke.ca Tél.: 514-835-0238	Maxime, Perreault-Brière Brière@usherbrooke.ca Tél.: 514-835-0238	Maxime, Perreault-Brière Brière@usherbrooke.ca Tél.: 514-835-0238
---	---	---	---	---	---	---	---

ANNEXE B

RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

Nom: _____

Code: _____

Courriel: _____

Personne que l'on peut rejoindre en cas d'urgence:

Nom: _____

Numéro de téléphone: Maison: _____ Bureau: _____

ANNEXE C

Q-AAP

Questionnaire sur l'aptitude
à l'activité physique - Q-AAP
(version révisée en 2002)

Q-AAP et VOUS

(Un questionnaire pour les gens de 15 à 69 ans)

L'exercice physique pratiqué d'une façon régulière constitue une occupation de loisir saine et agréable. D'ailleurs, de plus en plus de gens pratiquent une activité physique de façon régulière. Règle générale, augmenter la pratique sportive n'entraîne pas de risques de santé majeurs. Dans certains cas, il est cependant conseillé de passer un examen médical avant d'entreprendre un programme régulier d'activités physiques. Le Q-AAP (questionnaire sur l'aptitude à l'activité physique) vise à mieux cerner les personnes pour qui un examen médical est recommandé.

Si vous prévoyez modifier vos habitudes de vie pour devenir un peu plus actif(ve), commencez par répondre aux 7 questions qui suivent. Si vous êtes âgé(e) de 15 à 69 ans, le Q-AAP vous indiquera si vous devez ou non consulter un médecin avant d'entreprendre votre nouveau programme d'activités. Si vous avez plus de 69 ans et ne participez pas d'une façon régulière à des activités physiques exigeantes, vous devriez consulter votre médecin avant d'entreprendre ces activités.

Lisez attentivement et répondez honnêtement à chacune des questions suivantes. Le simple bon sens sera votre meilleur guide pour répondre correctement à ces questions. Cochez OUI ou NON.

OUI	NON	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1. Votre médecin vous a-t-il déjà dit que vous souffriez d'un problème cardiaque et que vous ne devriez pas participer qu'aux activités physiques prescrites et approuvées par un médecin?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2. Ressentez-vous une douleur à la poitrine lorsque vous faites de l'activité physique?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3. Au cours du dernier mois, avez-vous ressenti des douleurs à la poitrine lors de périodes autres que celles où vous participiez à une activité physique?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4. Éprouvez-vous des problèmes d'équilibre reliés à un étourdissement ou vous arrive-t-il de perdre connaissance?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5. Avez-vous des problèmes osseux ou articulaires (par exemple, au dos, au genou ou à la hanche) qui pourraient s'aggraver par une modification de votre niveau de participation à une activité physique?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6. Des médicaments vous sont-ils actuellement prescrits pour contrôler votre tension artérielle ou un problème cardiaque (par exemple, des diurétiques)?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7. Connaissez-vous une autre raison pour laquelle vous ne devriez pas faire de l'activité physique?

Si vous
avez
répondu

OUI à une ou plusieurs questions

Consultez votre médecin AVANT d'augmenter votre niveau de participation à une activité physique et AVANT de faire évaluer votre condition physique. Dites à votre médecin que vous avez complété le questionnaire sur l'aptitude à l'activité physique et expliquez-lui précisément à quelles questions vous avez répondu «OUI».

- Il se peut que vous n'ayez aucune contre-indication à l'activité physique dans la mesure où vous y allez lentement et progressivement. Par ailleurs, il est possible que vous ne puissiez faire que certains types d'efforts adaptés à votre état de santé. Indiquez à votre médecin le type d'activité physique que vous comptez faire et suivez ses recommandations.
- Informez-vous quant aux programmes d'activités spécialisés les mieux adaptés à vos besoins, offerts dans votre localité.

NON à toutes ces questions

Si, en toute honnêteté, vous avez répondu «NON» à toutes les questions du Q-AAP, vous êtes dans une certaine mesure, assuré(e) que :

- vous pouvez augmenter votre pratique régulière d'activités physiques en commençant lentement et en augmentant progressivement l'intensité des activités pratiquées. C'est le moyen le plus simple et le plus sécuritaire d'y arriver.
- vous pouvez faire évaluer votre condition physique. C'est le meilleur moyen de connaître votre niveau de condition physique de base afin de mieux planifier votre participation à un programme d'activités physiques.

REMETTRE À PLUS TARD L'AUGMENTATION DE VOTRE PARTICIPATION ACTIVE :

- si vous souffrez présentement de fièvre, d'une grippe ou d'une autre affection passagère, attendez d'être remis(e) ; ou
- si vous êtes enceinte ou croyez l'être, consultez votre médecin avant de modifier votre niveau de pratique sportive régulière.

Veillez noter que si votre état de santé se trouve modifié de sorte que vous deviez répondre «OUI» à l'une ou l'autre des questions précédentes, consultez un professionnel de la santé ou de la condition physique, afin de déterminer s'il vous faut modifier votre programme d'activités.

Formulaire de consentement du Q-AAP : La Société canadienne de physiologie de l'exercice, Santé Canada et ses représentants n'assument aucune responsabilité vis-à-vis des accidents qui pourraient survenir lors de l'activité physique. Si, après avoir complété le questionnaire ci-dessus, un doute persiste quant à votre aptitude à faire une activité physique, consultez votre médecin avant de vous y engager.

Toute modification est interdite. Nous vous encourageons à copier le Q-AAP dans sa totalité.

Dans la mesure où le Q-AAP est administré avant que la personne ne s'engage dans un programme d'activités ou qu'elle fasse évaluer sa condition physique, la section suivante constitue un document ayant une valeur légale et administrative.

«Je sous-signé(e) affirme avoir lu, compris et complété le questionnaire et avoir reçu une réponse satisfaisante à chacune de mes questions.»

NOM _____

SIGNATURE _____

DATE _____

SIGNATURE D'UN PARENT
ou TUTEUR (pour les mineurs) _____

TÉMOIN _____

M.B. – Cette autorisation de faire de l'activité physique est valide pour une période maximale de 12 mois à compter du moment où le questionnaire est rempli. Elle n'est plus valide si votre état de santé change de telle sorte que vous répondiez «OUI» à l'une des sept questions.



© Société canadienne de physiologie de l'exercice www.csep.ca/forms

ANNEXE D

AIDE MÉMOIRE

Code: _____

Jours avant expérimentation	Restrictions
Phase de familiarisation	
- 6	Aucune
- 5	
- 4	
- 3	À partir de h <ul style="list-style-type: none"> Aucun entraînement en musculation pour les membres inférieurs
- 2	<ul style="list-style-type: none"> Arrêt de la consommation de suppléments alimentaires
- 1	À partir de h <ul style="list-style-type: none"> On vous recommande d'ingérer une diète pré-compétition, contenant des glucides complexes (pâte, pain, céréales, etc.) Contrôle de la diète: inscrire les aliments ainsi que la quantité dans le carnet de bord Contrôle de l'hydratation: inscrire les liquides consommés ainsi que la quantité dans le carnet de bord Repos complet, léger entraînement (45 min et moins) ou entraînement typique d'avant course Consommation de 250 millilitres d'eau 60 minutes avant de vous coucher Heure du coucher: h
0	<ul style="list-style-type: none"> Contrôle de la diète: inscrire les aliments ainsi que la quantité dans le carnet de bord Contrôle de l'hydratation: inscrire les liquides consommés ainsi que la quantité dans le carnet de bord Aucun entraînement 90 minutes avant l'expérimentation (h): Consommation de la boisson nutritionnelle et par la suite vous demeurez à jeun 60 minutes avant l'expérimentation (h): Consommation de 250 millilitres d'eau
Expérimentations 1, 2 et 3	
- 6	Aucune

- 5	
- 4	
-3	<p>À partir de h</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aucun entraînement en musculation pour les membres inférieurs
- 2	<p>À partir de h</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arrêt de la consommation de suppléments alimentaires
- 1	<p>À partir de h</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contrôle de la diète: consommation identique des aliments ingérés lors du jour -1 de la phase de familiarisation (voir carnet de bord) • Contrôle de l'hydratation: consommation identique des liquides consommés lors du jour -1 de la phase de familiarisation (voir carnet de bord) • Repos complet, léger entraînement (45 min et moins) ou entraînement typique d'avant course • Consommation de 250 millilitres d'eau 60 minutes avant de vous coucher. • Vous vous couchez à la même heure que l'heure à laquelle vous vous êtes couché la nuit qui précéda votre phase de familiarisation • Heure du coucher: h
0	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle de la diète: consommation identique des aliments ingérés lors du jour 0 de la phase de familiarisation (voir carnet de bord) • Contrôle de l'hydratation: consommation identique des liquides consommés lors du jour 0 de la phase de familiarisation (voir carnet de bord) • Aucun entraînement • 90 minutes avant l'expérimentation (h): Consommation de la boisson nutritionnelle et par la suite vous demeurez à jeun • 60 minutes avant l'expérimentation (h): Consommation de 250 millilitres d'eau

ANNEXE E

PERCEPTION DE L'EFFORT

6	
7	Vraiment, Vraiment Léger
8	
9	Vraiment Léger
10	
11	Moyennement Léger
12	
13	Quelque Peu Difficile
14	
15	Difficile
16	
17	Vraiment Difficile
18	
19	Vraiment, Vraiment Difficile
20	

ANNEXE F

PERCEPTION DE LA CHALEUR

1	Trop frais
2	Frais
3	Confortablement frais
4	Confortable
5	Confortablement chaud
6	Chaud
7	Trop chaud

ANNEXE G

PERCEPTION DE LA SOIF

1	
2	Aucune Soif
3	
4	Soif Légère
5	
6	Soif Modérée
7	
8	Soif Considérable
9	
10	Soif Extrême
11	

ANNEXE H

INCONFORT ABDOMINAL

1	Aucun
2	Léger
3	Modéré
4	Considérable
5	Extrême

ANNEXE I

CARNET DE BORD

[illegible]

ANNEXE J

ORDRE DE PASSATION DES EXPÉRIMENTATIONS

Groupes	Sujets	Visites		
		2	3	4
		Expérimentations		
1	2, 6, 7	Programmée	Soif	Rien
2	1, 3, 8	Soif	Rien	Programmée
3	4, 5, 9	Rien	Programmée	Soif

ANNEXE K

FORMULAIRE DE DÉDOMMAGEMENT

Titre du projet: Privation de l'ingestion de liquide vs. boire selon les sensations de la soif ou les recommandations actuelles: impact lors d'un exercice intense à vélo d'une durée d'une heure.

Numéro du projet: 2017-1715

Chercheur principal:

Eric Goulet, Ph.D., professeur-chercheur. Faculté des sciences de l'activité physique. Centre de recherche sur le vieillissement. Université de Sherbrooke. Courriel: eric.goulet@usherbrooke.ca. Tel. (819) 821-8000 ext. 62728.

Maxime Perreault-Brière, B.Sc. étudiant à la maîtrise responsable du projet, Faculté des sciences de l'activité physique. Université de Sherbrooke. Courriel: maxime.perreault-briere@usherbrooke.ca

Compensation: Un montant forfaitaire de 240 \$ vous est versé pour votre participation à l'étude.

Nom	Prénom
Signature	Date
Signature du responsable	Date

ANNEXE L

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT



FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT À LA RECHERCHE

TITRE DU PROJET DE RECHERCHE

Privation de l'ingestion de liquide vs. boire selon les sensations de la soif ou les recommandations actuelles: impact lors d'un exercice intense à vélo d'une durée d'une heure.

ÉQUIPE DE RECHERCHE

Chercheur principal

Eric Goulet, Ph.D., professeur-chercheur.
Faculté des sciences de l'activité physique; Centre de recherche sur le vieillissement.
Université de Sherbrooke.
Courriel: eric.goulet@usherbrooke.ca
Tel. (819) 821-8000 ext. 62728

Étudiant responsable du projet

Maxime Perreault-Brière, B.Sc.
Étudiant à la maîtrise.
Faculté des sciences de l'activité physique;
Université de Sherbrooke.
Courriel: maxime.perreault-briere@usherbrooke.ca
Tel. (514) 885-0238

NUMÉRO DE DOSSIER

2017-1715

FINANCEMENT DU PROJET DE RECHERCHE

Ce projet est financé par un fonds départemental de recherche de la Faculté des sciences de l'activité physique de l'Université de Sherbrooke.

PRÉAMBULE

Nous sollicitons votre participation à un projet de recherche parce que nous voulons déterminer l'impact de boire selon les perceptions de la soif sur la performance lors d'un contre-la-montre à vélo d'une durée d'une heure. Cependant, avant d'accepter de participer à cette recherche, veuillez prendre le temps de lire, de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent.

Ce formulaire vous explique le but de cette étude, les procédures, les avantages, les risques et les inconvénients, de même que les personnes avec qui communiquer au besoin. Ce formulaire peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles et à demander que nous vous expliquions tout mot ou renseignement qui n'est pas clair.

Si vous acceptez de participer à ce projet, vous devrez signer le consentement à la fin du présent document. Nous vous en remettrons une copie pour vos dossiers.

Version 10 décembre 2017

Page 1 de 10

APPROUVÉ LE 19 décembre 2017
CER du CIUSSS de l'Estrie - CHUS

NATURE ET OBJECTIFS DU PROJET DE RECHERCHE

Il est généralement admis qu'il est important de maintenir une bonne hydratation pendant un exercice à vélo afin de maximiser la performance. La recherche démontre que boire selon les signaux de la soif s'avère suffisant afin de maintenir la performance lors d'exercices à vélo de plus d'une heure.

Néanmoins, les résultats de certaines études démontrent que lors d'exercices intenses à vélo d'une durée d'une heure la performance s'avère dégradée par l'ingestion de liquide. Par contre, ces études ont utilisé un protocole de recherche où les chercheurs ont comparé une expérimentation où l'ingestion de liquide était suffisante afin de remplacer toutes les pertes en sudation à une autre où les participants n'ont pu ingérer de liquide. Prises ensemble, ces études ont administré aux participants entre 1200 et 1700 millilitres de liquide pendant l'exercice afin de prévenir la déshydratation. Or, lors d'exercices intenses, la capacité de l'organisme à absorber du liquide s'avère limitée. Ainsi, une partie importante du liquide administré aux participants s'est accumulée au niveau de l'estomac ou de l'intestin.

Nous savons qu'une accumulation importante de liquide au niveau gastro-intestinale peut engendrer des gonflements, malaises ou douleurs abdominales, ce qui peut contribuer à diminuer la capacité de performance. Par conséquent, l'utilisation d'un tel type de protocole de recherche ne nous permet de conclure avec certitude et hors de tout doute que la privation d'ingestion de liquide est avantageuse pendant une période d'exercice intense à vélo d'une durée d'une heure. En effet, nous sommes en droit de nous poser la question suivante: si les participants avaient consommé une quantité de liquide plus raisonnable dictée par la sensation de soif, est-ce que les résultats auraient été les mêmes?

Le but de la présente étude est donc de comparer les effets de l'ingestion de liquide selon la soif à ceux de la privation de liquide et de l'ingestion de liquide selon les recommandations actuelles pendant un exercice intense à vélo d'une durée d'une heure.

DÉROULEMENT DU PROJET DE RECHERCHE

Si vous acceptez de participer à l'étude après la lecture du présent formulaire, votre implication exigera cinq visites au laboratoire de recherche sur la performance, l'hydratation et la thermorégulation situé au Centre sportif de l'Université de Sherbrooke, local J1-119. La durée de chacune des visites sera d'environ 2.5-3 heures. La première visite pourra être effectuée selon un horaire vous convenant. Les visites 2, 3, 4 et 5 devront être effectuées aux mêmes heures de la journée, à des intervalles de 3 à 7 jours.

La première visite sera consacrée à la prise de mesure de base (poids corporel, composition corporelle, évaluation de la consommation maximale d'oxygène, etc). Lors de la deuxième visite, vous devrez faire le test de contre-la-montre à vélo utilisé pour les expérimentations dans le but de vous familiariser avec ce dernier. Les visites 3, 4 et 5 seront les expérimentations.

Afin de contrôler pour les effets du cycle menstruel sur la température corporelle, les femmes devront effectuer les expérimentations pendant la phase folliculaire de leur cycle menstruel. Une description détaillée des visites suit ce paragraphe.

1^{re} visite

- On vous accueille au laboratoire;
- On vous fera la lecture du formulaire de consentement et on répondra à vos questions;
- Nous allons prendre de façon écrite votre consentement;

- Nous allons prendre des renseignements généraux (âge, adresse de courriel et personne que l'on peut rejoindre en cas d'urgence). Ces renseignements personnels seront gardés confidentiels et en aucun temps ne seront partagés avec des tiers;
- Vous allez remplir un questionnaire de santé;
- Nous allons mesurer votre tension artérielle et votre fréquence cardiaque de repos;
- Vous allez vidanger votre vessie;
- Nous allons mesurer votre poids et votre taille;
- Nous allons mesurer votre composition corporelle avec un DXA. Cet appareil, utilisé pour détecter l'ostéoporose, émet un faible rayon-X et permet de calculer le pourcentage de masse osseuse, masse grasse et masse maigre de votre corps;
- Vous allez passer un test de consommation maximale d'oxygène sur vélo stationnaire (exercice de 15 minutes jusqu'à la fatigue maximale). Pour ce faire, vous effectuerez d'abord un échauffement de 10-15 minutes sur le vélo à une intensité de votre choix. Ensuite, on apposera un masque sur votre visage qui servira à mesurer votre consommation d'air. On apposera ensuite une ceinture au niveau de votre torse afin de mesurer votre fréquence cardiaque. Du gel sera appliqué sur la ceinture afin de faciliter la transmission du signal. Le test débutera à une résistance de 100 watts (effort facile), et cette dernière augmentera de 30 watts à chaque minute subséquente jusqu'à ce que vous ne soyez plus en mesure de tourner les pédales. Ce test sera effectué à une température de 20-22 °C et un ventilateur fonctionnera pendant le test afin de vous refroidir. Pour ce test vous pourrez porter un cuissard, un chandail, des bas et des chaussures de sport;
- Nous allons vous remettre une balance électronique afin que vous puissiez déterminer avec précision la quantité d'aliments consommés dans les dernières 24 heures avant la phase de familiarisation et les deux expérimentations;
- Nous allons vous remettre une boisson nutritionnelle à la fin de cette visite. Elle devra être consommée 90 minutes avant la phase de familiarisation;
- Nous allons vous remettre un aide-mémoire.

2^e visite

- On vous accueille au laboratoire;
- Nous allons changer votre pneu arrière après quoi nous installerons votre vélo sur la base d'entraînement afin de calibrer cette dernière;
- Vous allez vidanger votre vessie;
- Vous devrez récolter un échantillon d'urine;
- Nous allons mesurer votre poids corporel;
- Vous vous habillez pour le test à venir. Vous pourrez porter bas, soulier de vélo, cuissard et chandail;
- Vous allez installer la sonde rectale (3 millimètres de diamètre), 15 cm au-delà du sphincter anal à l'aide d'un gel lubrifiant. La sonde rectale sera ensuite fixée à un harnais par notre personnel;
- Nous allons installer 4 sondes épidermiques (mollet, cuisse, avant-bras et muscle pectoral gauche) pour mesurer la température de la peau. Ces sondes seront tenues à l'aide de ruban adhésif. Nous pourrions devoir vous raser à ces endroits afin de bien faire tenir le ruban adhésif;
- Nous allons installer une électrode au niveau du torse pour mesurer la fréquence cardiaque. Un gel électrolytique sera placé sur l'électrode afin de faciliter la transmission du signal;
- Nous allons effectuer une ponction de sang capillaire au niveau de votre index ou majeur de la main non dominante;
- Vous aurez à effectuer un échauffement de 10 minutes après quoi vous complèterez un contre-la-montre à vélo dont le but sera de faire la plus grande distance possible pendant 1 heure sur un parcours plat. Vous utiliserez votre propre vélo qui sera installé sur une base

d'entraînement de haute qualité. Le test de vélo sera effectué dans une chambre environnementale à une température de 30°C, 50% humidité et avec un niveau de chaleur par radiation correspondant à une journée partiellement nuageuse d'été. Deux ventilateurs seront installés devant vous et souffleront de l'air au niveau du torse et des jambes à une vitesse moyenne de 20-25 km/h. Vous devrez faire les 4 périodes de vélo avec le même vélo, la même position sur le vélo, la même roue arrière, les mêmes pignons avant et arrière, le même axe de pédalier, les mêmes pédales, les mêmes souliers, le même cuissard et la même chaîne. Vous aurez accès à votre distance parcourue pendant le test, ainsi qu'à votre vitesse et le temps de course. Vous compétitionnerez contre 7 autres cyclistes virtuels;

- Pendant l'exercice à vélo, nous allons mesurer votre perception de l'effort, perception de la chaleur, perception de la soif et perception d'inconfort abdominal à des intervalles réguliers;
- Pendant l'exercice, vous pourrez boire de l'eau selon les signaux de votre soif.

Visites 3, 4 et 5

Ces trois visites seront les expérimentations. Les procédures et techniques de mesure utilisées seront identiques à celles utilisées lors de la deuxième visite. Seulement la consommation de liquide sera différente entre les expérimentations. Lors d'une des expérimentations, vous devrez boire de l'eau selon votre sensation de soif, ni plus, ni moins. Cette expérimentation sera similaire au contre-la-montre effectué à la phase de familiarisation. Lors d'une autre, vous ne pourrez boire aucun liquide. Et finalement, vous devrez boire suffisamment de liquide afin de remplacer l'ensemble des pertes à travers la sudation lors d'une dernière expérimentation.

COLLABORATION DU SUJET DE RECHERCHE

Pendant la période de l'étude, on s'attend à ce que vous modifiiez certaines habitudes de vie au point de vue de votre nutrition, de votre entraînement et de votre sommeil.

Nutrition

- Lors des dernières 24 heures avant le premier contre-la-montre (2^{ème} visite), on demande que vous consommiez une diète pré-compétition. Vous devrez prendre en note les aliments et liquides ingérés lors des dernières 24 heures qui précéderont cette visite et les indiquer dans un carnet de bord qui vous sera remis. Pour les trois expérimentations suivantes, nous vous demanderons de consommer les mêmes aliments et liquides lors des dernières 24 heures avant ces expérimentations;

- Vous devrez arrêter de consommer tous suppléments alimentaires pendant les dernières 48 heures avant les contre-la-montre;

- Pour s'assurer d'une bonne hydratation, vous devrez consommer 250 millilitres d'eau 60 minutes avant de vous coucher la nuit qui précédera chaque contre-la-montre. De plus, vous devrez consommer 250 millilitres (1 tasse) de liquide 60 minutes avant de vous présenter au laboratoire avant chaque contre-la-montre;

- Vous devrez consommer une boisson nutritionnelle (que l'on vous remettra à la fin de chaque visite) 90 minutes avant la phase de familiarisation et les trois expérimentations.

Exercice

- Vous pourrez maintenir votre routine d'entraînement pendant les semaines qui précéderont les contre-la-montre;

- Vous devrez arrêter les entraînements en musculation pour les membres inférieurs 72 heures avant chaque contre-la-montre;

- Lors des dernières 24 heures avant le premier contre-la-montre, vous aurez le choix entre un repos complet, un léger entraînement de moins de 45 minutes ou d'effectuer votre entraînement typique d'avant compétition. Vous devrez répéter le même choix avant les trois expérimentations suivantes.

Sommeil

- Vous devrez vous coucher aux mêmes heures la nuit précédant la phase de familiarisation et les trois expérimentations.

RISQUES ASSOCIÉS AU PROJET DE RECHERCHE

- Les périodes d'exercices sous la chaleur pourraient, chez certains individus, causer des maux de tête, des nausées, des étourdissements, des vomissements et une faiblesse généralisée. Par contre, la prévalence de ces événements est quand même très rare chez des personnes actives en santé. Afin d'éviter le développement d'une situation d'épuisement causé par la chaleur ou, pire, un coup de chaleur, les expérimentations seront stoppées si la température rectale atteint 40°C.
- Les périodes d'exercice pourraient potentiellement engendrer un risque de blessures musculaires ou osseuses chez des personnes plus susceptibles. Ces personnes plus susceptibles sont celles dont la prévalence de blessure sportive est plus élevée que chez d'autres. Par contre, la prévalence de ces événements est quand même très rare chez des personnes actives en santé.
- Les périodes d'exercices pourraient potentiellement causer l'hypoglycémie chez certains individus plus susceptibles. Par contre, cette étude est effectuée chez des personnes actives en santé chez qui les mécanismes du maintien de la glycémie fonctionnent de façon optimale.
- L'évaluation de la consommation maximale d'oxygène demande la production d'un effort maximal. De façon tout à fait exceptionnelle, chez la personne adulte en santé, un effort physique effectué à haute intensité pourrait causer des réactions plus graves tels des problèmes cardiaques qui pourraient provoquer une mort subite (1 personne sur 16 500 individus). Par contre, nous aurons sélectionné des individus dont les risques sont les plus faibles pour de tels incidents.
- Si des problèmes de santé se manifestent pendant l'expérimentation, vous devrez les signaler aux chercheurs aussitôt que vous les ressentez. Si les symptômes ressentis sont considérés comme importants, l'expérimentation arrêtera immédiatement et sera remise à un jour subséquent, à moins que vous décidiez de vous retirer de l'étude. À tout moment pendant l'expérimentation l'expérimentateur (ou vous-même) peut décider de mettre fin à l'expérimentation.
- Vous consommerez une quantité de liquide importante lors de l'expérimentation où vous devrez boire selon les recommandations actuelles. Ceci pourrait engendrer des problèmes gastriques, nausées et vomissements.
- Lors du test de composition corporelle, vous serez soumis à une faible dose de radiation. Cependant, cette radiation (0.001 µSv) se situe largement en dessous des normes annuelles de radiation permises (1 µSv). À titre de comparaison, une radiographie de la poitrine équivaut à 0.1 µSv.

INCONVÉNIENTS

- Les périodes d'exercices sous la chaleur pourraient engendrer des perceptions subjectives peu agréables comme la sensation d'avoir très chaud ou une perception de fatigue accrue. Par contre, ces inconvénients disparaîtront rapidement suivant l'expérimentation.
- La sensation de soif pourrait être désagréable lors de l'expérimentation où la prise de liquide ne sera pas permise.
- Les périodes d'exercice seront exigeantes. Or, il est possible que pendant et après ces périodes, vous ressentiez une fatigue mentale et/ou physique inhabituelle. La fatigue devrait

s'atténuer dans les minutes ou heures suivant l'expérimentation. Ces périodes d'exercice pourraient aussi causer des douleurs musculaires qui pourraient durer quelques jours.

- Vous pourriez ressentir un inconfort en insérant la sonde rectale. Cet inconfort pourrait perdurer tout au long de l'expérimentation. Néanmoins, une fois la sonde retirée, l'inconfort disparaît dans les minutes suivantes.
- Les sondes épidermiques seront maintenues à l'aide de ruban adhésif. Le retrait de ce ruban adhésif pourrait être inconfortable.
- Les ponctions de sang capillaire pourraient engendrer de légères douleurs. De plus, elles pourraient créer une contusion (un bleu), mais si tel est le cas, celle-ci disparaîtra généralement dans les jours suivants.

AVANTAGES

Il se peut que vous retiriez un bénéfice personnel de votre participation à ce projet de recherche, mais nous ne pouvons pas le garantir. Néanmoins, vous obtiendrez des informations qui vous permettront de :

- mieux comprendre votre capacité cardio-respiratoire;
- mieux comprendre votre composition corporelle;
- mieux comprendre la capacité de votre organisme à réguler la température corporelle lors d'un exercice intense effectué sous la chaleur;
- mieux comprendre votre capacité de performance à vélo dans des conditions de chaleur importante.

Par ailleurs, les informations découlant de ce projet de recherche pourraient contribuer à l'avancement des connaissances dans le domaine de la science de l'exercice.

PARTICIPATION VOLONTAIRE ET POSSIBILITÉ DE RETRAIT

Votre participation à ce projet de recherche est volontaire. Vous êtes donc libre de refuser d'y participer. Vous pouvez également vous retirer de ce projet à n'importe quel moment, sans avoir à donner de raisons, en faisant connaître votre décision au chercheur responsable du projet ou à l'un des membres du personnel affecté au projet. Votre décision de participer ou non n'aura aucun impact sur votre parcours scolaire et vos relations présentes ou futures avec les membres de l'équipe de recherche.

Le chercheur responsable de l'étude et le Comité d'éthique de la recherche du CIUSSS de l'Estrie - CHUS peuvent mettre fin à votre participation, sans votre consentement, si de nouvelles découvertes ou informations indiquent que votre participation au projet n'est plus dans votre intérêt, si vous ne respectez pas les consignes du projet de recherche ou s'il existe des raisons administratives d'abandonner le projet.

À moins d'avis contraire de votre part, si vous vous retirez de l'étude ou en êtes retiré, l'information vous concernant obtenue dans le cadre de l'étude sera rendue anonyme, c'est-à-dire qu'il sera impossible de les lier à votre nom, prénom, coordonnées ou date de naissance. L'information sera conservée par le chercheur principal de l'étude durant 5 ans. Passé ce délai, l'information sera détruite selon les normes en vigueur au CIUSSS de l'Estrie - CHUS.

Toute nouvelle connaissance acquise durant le déroulement du projet qui pourrait affecter votre décision de continuer d'y participer vous sera communiquée sans délai verbalement ou par écrit.

CONFIDENTIALITÉ

Durant votre participation à ce projet, nous recueillerons et consignerons dans un dossier de recherche des renseignements qui vous concernent. Seuls ceux qui sont strictement nécessaires pour répondre aux objectifs scientifiques du projet seront recueillis et utilisés à des fins de recherche.

Ces renseignements (données) comprendront les informations suivantes :

- Votre nom, votre âge et votre adresse de courriel;
- Votre état de santé présent ;
- Les résultats de tous les tests et de toutes les procédures que vous aurez à faire durant ce projet.

Toutes ces données demeureront strictement confidentielles, dans les limites prévues par la loi. Afin de préserver votre identité et la confidentialité des renseignements recueillis, vous serez identifié par un numéro de code. La clé du code reliant votre nom à votre dossier de recherche sera conservée exclusivement par le chercheur responsable.

À la fin du projet de recherche, les données recueillies contenues dans votre dossier de recherche seront rendues anonymes, c'est-à-dire qu'il sera impossible de les lier à votre nom, prénom, coordonnées ou date de naissance.

Ainsi, les données pourront :

- Servir pour d'autres analyses reliées au projet ;
- Servir pour l'élaboration de projets de recherche futurs.

Et les résultats de recherche pourront :

- Être publiés dans des revues spécialisées ;
- Faire l'objet de discussions scientifiques.

Quant à vos renseignements personnels (votre nom et/ou vos coordonnées), ils seront conservés, dans un dossier séparé, pendant 5 ans après la fin du projet par le chercheur responsable et seront détruits selon les normes en vigueur au CIUSSS de l'Estrie - CHUS par la suite.

Les personnes suivantes pourront consulter votre dossier de recherche :

- Vous-même, pour vérifier les renseignements recueillis et les faire rectifier au besoin et ce, aussi longtemps que le chercheur responsable ou le CIUSSS de l'Estrie - CHUS détient ces informations.
- Une personne mandatée par le CÉR du CIUSSS de l'Estrie - CHUS ou par des organismes publics autorisés et ce, à des fins de surveillance et de contrôle. Toutes ces personnes et tous ces organismes adhèrent à une politique de confidentialité.

COMPENSATION

Vous recevrez un montant de 240\$ pour votre participation, en compensation des frais encourus et des contraintes subies pendant votre participation à ce projet de recherche.

DROITS DU PARTICIPANT

En acceptant de participer à cette étude, vous ne renoncez à aucun de vos droits ni ne libérez les chercheurs ou l'établissement où se déroule ce projet de recherche de leurs responsabilités civile et professionnelle.

IDENTIFICATION DES PERSONNES-RESSOURCES

Si vous avez des questions concernant le projet de recherche ou si vous éprouvez un problème que vous croyez relié à votre participation au projet de recherche, vous pouvez communiquer avec le chercheur responsable du projet de recherche ou les membres de son équipe aux numéros suivants :

- Eric Goulet : 819 821-8000, poste 62728 ou eric.goulet@usherbrooke.ca

Si vous avez des plaintes ou des commentaires à formuler, vous pouvez communiquer avec le Bureau des plaintes et de la qualité des services du CIUSSS de l'Estrie - CHUS au 1-866-917-7903.

SURVEILLANCE DES ASPECTS ÉTHIQUES

Le Comité d'éthique de la recherche du CIUSSS de l'Estrie - CHUS a approuvé ce projet de recherche et en assure le suivi annuel. De plus, il approuvera, au préalable, toute révision et toute modification apportée au présent formulaire d'information et de consentement et au protocole de recherche.

Pour toutes questions reliées à l'éthique, concernant vos droits ou les conditions dans lesquelles se déroule votre participation à ce projet, vous pouvez communiquer le Service de soutien à l'éthique de la recherche du CIUSSS de l'Estrie - CHUS au 819 346-1110, poste 12856.

ÉTUDES ULTÉRIEURES

Dans l'éventualité où des projets de recherche similaires à celui-ci se réaliseraient dans les 5 prochaines années, acceptez-vous qu'un membre de l'équipe de recherche prenne contact avec vous pour vous proposer une nouvelle participation? Bien sûr, lors de cet appel, vous seriez entièrement libre d'accepter ou de refuser de participer.

Oui ☐ Non ☐

CONSENTEMENT DU PARTICIPANT

J'ai pris connaissance de ce formulaire d'information et de consentement. Je reconnais qu'on m'a expliqué le projet, qu'on a répondu à mes questions et qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre une décision.

Je consens à participer à ce projet de recherche aux conditions qui y sont énoncées.

Nom et signature du participant

Date

ENGAGEMENT DE LA PERSONNE QUI OBTIENT LE CONSENTEMENT

J'ai expliqué au participant les termes du présent formulaire d'information et de consentement et j'ai répondu aux questions qu'il m'a posées.

Nom et signature de la personne qui obtient le consentement

Date

ENGAGEMENT DU CHERCHEUR RESPONSABLE DU PROJET DE RECHERCHE

Je m'engage, avec mon équipe de recherche, à respecter ce qui a été convenu au présent formulaire d'information et de consentement et à ce qu'une copie signée soit remise au participant.

Je m'engage également à respecter le droit de retrait du participant et à l'informer de toute nouvelle connaissance acquise durant le déroulement du projet qui pourrait modifier sa décision de continuer d'y participer.

Nom et signature du chercheur responsable du projet de recherche

Date

Nom et signature du chercheur responsable du projet de recherche

Date

CALENDRIER DES VISITES ET INTERVENTIONS

	Visite 1	Visite 2	Visite 3	Visite 4	Visite 5
Formulaire de consentement	X				
Renseignements généraux	X				
Questionnaire de santé	X				
Tension artérielle	X				
Fréquence cardiaque	X	X	X	X	X
Vidange de la vessie	X	X	X	X	X
Echantillons d'urine		X	X	X	X
Taille	X				
Poids corporel	X	X	X	X	X
Test de la consommation maximale d'oxygène	X				
Exigences auxquels vous devrez vous conformer avant de vous présenter au laboratoire	X	X	X	X	X
Température rectale		X	X	X	X
Température de la peau		X	X	X	X
Exercices à vélo		X	X	X	X
Ponction sanguine		X	X	X	X

ANNEXE M

Autorisation d'intégrer un article dans un mémoire



UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

Faculté des sciences de l'activité physique
Département de kinanthropologie
Programme de maîtrise en sciences de l'activité physique

Autorisation d'intégrer un article dans un mémoire

Par la présente, chacune et chacun des coauteurs de l'article intitulé et dont le nom et les signatures sont apposés ci-contre :

Titre de l'article :	Boire selon les perceptions de la soif : Effets chez des athlètes entraînés en endurance lors d'un contre-la-montre à vélo de 60 minutes
----------------------	--

Acceptent que celui-ci soit intégré au mémoire de maîtrise de Nom de l'étudiante ou de l'étudiant du programme de maîtrise en sciences de l'activité physique de la Faculté des sciences de l'activité physique de l'Université de Sherbrooke.

Nom :	David Jeker	Date :	8 juin 2020
Signature :			

Nom :	Thomas Deshayes	Date :	8 juin 2020
Signature :			

Nom :	Jeff Béliveau	Date :	8 juin 2020
Signature :			

Nom :	Ana Durán	Date :	09 June 2020
Signature :			

Nom :	Eric Goulet	Date :	09-06-2020
Signature :			

Nom :		Date :	
Signature :			

Nom :		Date :	
Signature :			